

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE INGENIERÍA**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL PARA REHABILITAR UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE COLORES EN PINTURAS CÓNDOR**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**LUNA HERRERA CHRISTIAN RODRIGO**

**MORILLO AGUILAR KLEBER ROLANDO**

**DIRECTOR: DR. LUIS CORRALES**

**Quito, Abril 2005**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Christian Rodrigo Luna Herrera y Kleber Rolando Morillo Aguilar, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

Christian Rodrigo Luna Herrera

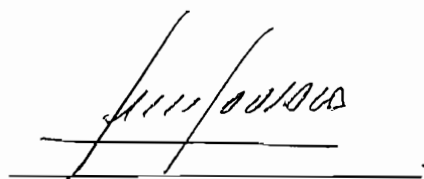


---

Kleber Rolando Morillo Aguilar

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Christian Rodrigo Luna Herrera y Kleber Rolando Morillo Aguilar, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Corrales', is written over a horizontal line.

Dr. Luis Corrales

DIRECTOR DE PROYECTO

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a Dios por darme la oportunidad de seguir viviendo, agradezco también a mis padres que me han apoyado para poder terminar otro ciclo más en mi vida, a mi universidad, que gracias a ella, soy el profesional actual, al departamento de Producción de Pinturas Cóndor por el apoyo para desarrollar el proyecto, a mi compañero y amigo Christian por lo compartido y aprendido, a mis amigos por la importante ayuda en todos los momentos, a todas las personas que de una u otra forma me han ayudado a terminar este proyecto, Max, Ruby, Nelly y Bladi, Wilson, Daniel, Diego, Pato, Robin, Dario, Leonardo, Veronica.

Kleber Rolando

## AGRADECIMIENTOS

En primera instancia quisiera agradecer a Dios por la fuerza y el empeño que me ha dado siempre para vencer los obstáculos y alcanzar mis metas, a mis padres por haberme apoyado incondicionalmente y por los principios que me han inculcado a lo largo de toda mi vida, y a mi esposa e hijo por ser la inspiración y la fuerza que me motiva siempre a salir adelante.

A mis amigos y compañeros por los buenos momentos compartidos, especialmente a Kleber por el apoyo brindado y las experiencias que compartimos a lo largo de la realización de este proyecto.

Quisiera además agradecer al personal docente de la Escuela Politécnica Nacional, por los conocimientos impartidos, ya que de una u otra manera ayudaron a que este sueño se hiciera posible, y finalmente, al departamento de Producción de Pinturas Cóndor por las facilidades prestadas para la realización de este proyecto.

*Christian*

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mis padres, mis hermanos, mi cuñada y mis sobrinas a quienes amo y llevo en mi corazón, a Daniel por lo que quedo pendiente por hacer en la vida.

Kleber Rolando

## DEDICATORIA

*A mi pequeño Christian Nicolás, la personita que llegó a cambiar mi vida por completo y a llenarla de alegría, eres lo más hermoso que tengo y te dedico no solo este trabajo sino el esfuerzo que realizo durante cada día.*

*A mi querida Gissela Verónica, esposa y amiga incondicional y constante inspiración en mi vida, espero que toda nuestra vida juntos esté llena de alegrías y de metas alcanzadas.*

*A mis padres, a mi hermano y mi pequeña sobrinita Mel.*

*A toda la gente que confió en mí y me apoyó a cumplir este sueño que hoy se convierte en realidad.*

*Christian*

# CONTENIDO

## RESUMEN

## PRESENTACIÓN

<b>1. Capítulo uno: Estudio Preliminar</b> .....	1
1.1 Objetivo Global.....	2
1.2 Teoría del Color.....	3
1.2.1 La luz.....	3
1.2.2 Origen del Color.....	6
1.2.3 Elementos del Color.....	7
1.2.3.1 Muestra u objeto.....	7
1.2.3.2 Fuente de luz.....	7
1.2.3.3 Observador.....	7
1.2.4 El color superficial.....	8
1.2.4.1 Matiz o tonalidad.....	8
1.2.4.2 Brillo.....	8
1.2.4.3 Saturación.....	8
1.2.5 Gama del Color.....	9
1.2.6 Colores aditivos y sustractivos.....	9
1.2.6.1 Color aditivo.....	9
1.2.6.2 Color sustractivo.....	10
1.2.7 El sistema CIE.....	11
1.3 La Pintura.....	13
1.3.1 Funciones.....	13
1.3.1.1 Protección.....	13
1.3.1.2 Decoración.....	13
1.3.1.3 Codificación.....	13
1.3.1.4 Valorización.....	14
1.3.2 Componentes de una Pintura.....	14
1.3.2.1 Resinas.....	14
1.3.2.2 Pigmentos.....	14



1.3.2.3 Solventes.....	14
1.3.2.4 Aditivos.....	14
1.4 Descripción de la Planta.....	17
1.4.1 Creación de Bases.....	18
1.4.1.1 Pasta base para la línea ARQUITECTONICA.....	18
1.4.1.2 Pasta base en la sublínea DECORLAC.....	25
1.5 La Máquina COLOR TREND.....	26
1.5.1 Características de la Máquina COLOR TREND.....	27
1.5.2 Funcionamiento normal de la Máquina COLOR TREND.....	31
1.5.2.1 Dosificación de un color.....	31
1.5.2.2 Opciones adicionales.....	32
1.6 Propuesta.....	33
<b>2. Capítulo dos: Diseño del Hardware del sistema.....</b>	<b>36</b>
2.1 Introducción.....	37
2.2 Funciones del HMI.....	37
2.3 Funciones del Circuito de Control.....	38
2.3.1 Selección del Microcontrolador.....	39
2.4 Diseño del Hardware.....	41
2.4.1 Diseño del Reset.....	41
2.4.2 Selección de la Frecuencia del Cristal.....	42
2.4.3 Diseño del Circuito para controlar las Válvulas.....	43
2.4.4 Diseño del Circuito para controlar las dos velocidades del motor.....	51
2.4.5 Circuito para la comunicación serial.....	55
2.4.6 Circuito para la adecuación de pulsos.....	57
2.5 Circuito total de la Tarjeta Controladora.....	60
<b>3. Capítulo tres: Diseño y Desarrollo del Software del Sistema.....</b>	<b>63</b>
3.1 Introducción.....	64
3.2 Funciones del Software.....	65

3.2.1 Descripción de las funciones del software.....	66
3.2.1.1 Elaboración de colores Pre-establecidos y nuevos.....	66
3.2.1.2 Ejecución de opciones adicionales.....	67
3.2.1.2.1 La opción Agitar los Tintes.....	68
3.2.1.2.2 La opción Purgar los tintes.....	68
3.2.1.2.3 La opción Calibrar Bombas.....	68
3.2.1.2.4 Dosificar tintes individualmente.....	69
3.2.1.2.5 Mostrar los niveles de los tanques.....	69
3.2.1.2.6 Modificar densidades de los tintes.....	70
3.2.2 Descripción de algunos Registros Especiales.....	70
3.2.2.1 Registros VALVULA1 Y VALVULA2.....	70
3.2.2.2 Registros PULSOS TINTE_.....	71
3.2.2.3 Registro PRIORIDAD.....	73
3.2.2.4 Registro CONFIRMACIÓN DE NIVEL.....	74
3.3 Diseño del Software de la HMI.....	75
3.3.1 Pantalla inicio.....	77
3.3.2 Menú Principal.....	78
3.3.2.1 Bloques de Opciones.....	79
3.3.2.1.1 La opción Agitar.....	80
3.3.2.1.2 La opción Purgar.....	80
3.3.2.1.3 Mostrar Niveles.....	81
3.3.2.1.4 Calibrar bombas.....	82
3.3.2.1.5 Dosificar tintes.....	87
3.3.2.1.6 Modificar densidades.....	91
3.3.2.2 Bloque de Colores.....	92
3.3.2.2.1 Colores Pre-establecidos.....	92
3.3.2.2.2 Colores Creados.....	97
3.3.3 Recuperación de Datos.....	101
3.4 Diseño del Software para el Microprocesador.....	102
3.4.1 Funcionamiento general del programa del PIC.....	103
3.4.2 Subrutinas especiales dentro del programa del PIC.....	105
3.4.2.1 Subrutina Opciones.....	105

3.4.2.2 Subrutina Colores.....	108
<b>4. Capítulo cuatro: Pruebas y resultados.....</b>	<b>116</b>
4.1 Introducción.....	117
4.2 Datos obtenidos en las pruebas.....	117
4.3 Identificación de limitaciones.....	134
<b>5. Capítulo cinco: Análisis de Costos.....</b>	<b>138</b>
5.1 Introducción.....	139
5.2 Análisis de Costos.....	139
5.2.1 Comparación del Costo Estándar con el ensayo.....	140
5.2.2 Cuadro de ingresos y costos.....	146
5.2.3 Flujo de caja para los casos Estándar y Ensayo.....	149
5.2.4 Análisis Económico.....	154
<b>6. Capítulo seis: Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>156</b>
6.1 Conclusiones .....	157
6.2 Recomendaciones.....	159

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

## ANEXOS

## RESUMEN

En Pinturas Cónдор, la tinturación representa un gran problema dentro del proceso de fabricación de pinturas, debido a que emplean un método de dosificación manual. Esta situación se complica por las variaciones de los tintes y de las bases que no mantienen una contextura estándar. Estos errores obligan a los tinturadores, en muchos casos, a añadir tintes fuera de fórmula hasta alcanzar el color final. Estos ajustes, además de demorar el proceso, representan costos adicionales en la fabricación de las pinturas.

Buscando solucionar el problema de la tinturación de las pinturas, la empresa impulsó el presente proyecto para que se reutilice una máquina desechada por la empresa. Para cumplir con este objetivo, se cambiaron algunos de los tintes propios de la máquina por tintes nuevos, para permitirle dosificar dentro de la denominada línea de madera, sublínea DECORLAC. Adicionalmente se cambió la interfaz propia de la máquina por una HMI más versátil y poderosa para controlar el nuevo circuito de control que se diseñó para que la máquina sea capaz de tinturar volúmenes de hasta 11000 litros.

Por otro lado, se creó una base de datos que almacena todas las fórmulas de los colores de mayor demanda para automatizar la dosificación. El nuevo sistema de control mantiene todas las opciones que tenía la máquina en su versión original y además permite la creación de nuevos colores. Por petición de la empresa, el sistema de control además crea reportes de producción cada vez que se tintura un color o se dosifican tintes individuales, para llevar un control del consumo de los tintes.

Con el nuevo sistema incorporado a la máquina, se realizaron varios ensayos obteniendo resultados positivos con errores no mayores al 2%, lo cual constituye un valor aceptable para la empresa. Se comprobó además la facilidad de operación de la HMI ya que personal de la empresa realizó ensayos con la misma quedando por completo satisfechos.

Con la incorporación de la nueva máquina al proceso de fabricación de pinturas en planta, se logró eliminar las fallas provocadas por los tinturadores al añadir manualmente los tintes. Sin embargo, los problemas de diferencias en las pastas bases y tintes deben ser resueltos por el departamento técnico para permitir que la máquina cumpla correctamente su objetivo.

## PRESENTACION

En el presenta proyecto se rehabilita una máquina industrial dosificadora de tintes en pequeños volúmenes y convertirla en parte del proceso de fabricación de pinturas en planta para volúmenes de hasta 11000 litros.

Para lograr dicho objetivo, se partió del análisis del proceso de fabricación de colores en la planta de Pinturas Cóndor y del funcionamiento normal de una de las máquinas COLOR TREND utilizadas en los almacenes Expocolor. Todo este análisis es presentado en el Capítulo uno en el que se agrega además, la Teoría de Colores que constituye la base del proceso de tinturación.

Una vez identificado el problema se presenta, en el mismo Capítulo, una propuesta de solución inicial en la que se enumeran los cambios que se realizarán en el sistema de control de la máquina COLOR TREND para que pueda incorporarse al proceso en planta.

Luego del análisis previo, se empieza el diseño del nuevo sistema de control, empezando por el Hardware que será quien gobierne a los periféricos de la máquina para satisfacer los requerimientos del usuario. Todo este diseño está basado en un microcontrolador PIC y es presentado en el Capítulo dos.

El Capítulo tres, en cambio, describe el diseño del Software del sistema, el cual es el encargado de entender las órdenes que emite el operador y producir las señales eléctricas necesarias para actuar sobre el Hardware. El Software se divide en dos partes fundamentales; el software de la HMI, y el del microprocesador. El primero es el que interactúa con el operador, presentándole todas las opciones posibles que puede realizar, y el segundo es quien gobierna el Hardware para hacer cumplir las órdenes que emita el usuario desde la HMI.

Las pruebas que fueron realizadas con todo el nuevo sistema de control incorporado se presentan en el Capítulo cuatro, con el respectivo análisis de resultados.

En el quinto Capítulo, se realiza un análisis de costos, realizando una proyección estimada del porcentaje de ganancias en el que influirá la utilización de la máquina. Dicho análisis fue realizado a partir de datos reales proveídos por el departamento de contabilidad de la empresa y con la ayuda de personal especializado en el campo cantable.

Finalmente, en el Capítulo seis se extraen las conclusiones más significativas de la realización del proyecto; y además, se presenta las recomendaciones que se consideraron más importantes para la utilización del sistema

Todo el proyecto fue realizado en la planta de Pinturas Cóndor como parte de un proyecto del departamento de producción de la misma para mejorar los procesos e incrementar la producción.

## **CAPITULO 1**

### **ESTUDIO PRELIMINAR**



## 1.1 OBJETIVO GLOBAL

Actualmente la industria en el Ecuador no se encuentra tan desarrollada con respecto a otros países, esto se debe, entre otros factores, a que la tecnología que poseen las industrias no siempre es actual; el proceso de globalización, que va avanzando a pasos agigantados en el mundo contemporáneo, exige de las industrias varias mejoras dentro de la empresa entre las que se tiene que cumplir estándares de calidad en los productos, seguridad, aseo, etc., tener un manejo adecuado de las materias primas, así como de los desechos, de tal manera que no puedan afectar el medio ambiente. Igualmente, requieren mejorar sus procesos de elaboración de productos, con el objeto, entre otros, de aumentar su producción.

Las empresas en nuestro país necesitan mucho dinero para migrar o mantener a las mismas con tecnología de punta, y necesitan de técnicos que puedan mantener los equipos funcionando adecuadamente. Adicionalmente, las empresas están en constante búsqueda de métodos y/o mecanismos que permitan optimizar recursos y que contribuyan a mejorar la calidad y la cantidad de los productos. Esta búsqueda se ve reflejada en el impulso a diferentes proyectos, entre los cuales están aquellos que buscan la automatización de sus procesos.

Dentro de este contexto se inscribe este proyecto que busca solucionar un problema puntual dentro de una empresa recurriendo a la automatización de uno de sus procesos.

El presente proyecto tiene como objetivo repotenciar una máquina igualadora de colores, COLOR TREND, que es usada para tinturar en pequeños volúmenes, y transformarla en parte del proceso de tinturación en la planta de Pinturas Cóndor Quito.

Para cumplir con dicho objetivo la máquina debe ser capaz de dosificar los tintes necesarios para alcanzar los diferentes colores que se producen en planta. Para

controlar la dosificación, se ha solicitado dar una solución de tipo electrónico que facilite su operación de tal manera que provea el máximo grado de automatización posible.

La máquina tiene como objetivo adicional disminuir la responsabilidad del tinturador en la fabricación de un color, quien, al agregar tintes manualmente, genera errores que causan desperdicio de tintes y/o la adición de tintes fuera de fórmula, los cuales son muy costosos en ciertas líneas de producción.

Para que se tenga una visión global del problema a ser resuelto, en el próximo numeral se presenta la teoría que se usará de soporte a los análisis que se harán durante el diseño de la solución.

## **1.2 TEORÍA DEL COLOR**

La mezcla de colores obedece a leyes que en la actualidad han sido estudiadas y resueltas con gran solvencia. El conocimiento de estas leyes es necesario si se quiere entender el proceso de mezcla de colores.

### **1.2.1 LA LUZ**

La luz que percibimos como blanca o neutra es en realidad una combinación de luz con diferentes longitudes de onda. Es la pequeña parte visible de lo que se conoce como espectro electromagnético, que está formado por la radiación que va desde las ondas de radio a los rayos gamma.

Al hacer pasar la luz por un prisma de cristal, las distintas longitudes de onda que componen el haz de luz viajan dentro de él a diferente velocidad y se curvan de manera diferente al entrar y al salir (doble refracción al cambiar de medio) dando como resultado un haz desviado de la dirección inicial y con sus componentes separados. Así es posible visualizar el espectro solar, tal como se muestra en la Figura 1.1.

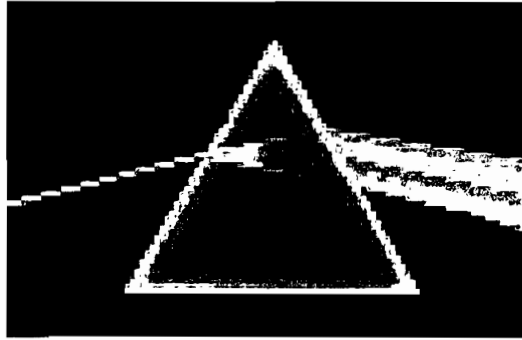


Figura 1.1. Espectro Solar

La luz visible está formada por vibraciones electromagnéticas con longitudes de onda que van aproximadamente de 350 a 750 nanómetros (1 nm=1 milmillonésimas de metro). Lo que se conoce como luz blanca es la suma de todas las ondas comprendidas entre esas longitudes de onda, cuando sus intensidades son semejantes.

La luz se genera por los saltos de los electrones entre los orbitales de los átomos. Como se conoce, los electrones poseen la cualidad de moverse en determinados orbitales sin consumir energía, pero cuando caen a una orbita inferior de menor energía (más próxima al núcleo) emiten energía en forma de radiación. Algunos de esos saltos producen radiación visible llamada luz, radiación que ven los ojos como una manifestación de color.

Por ejemplo, en un mol de materia (23 gramos de sodio) se tiene  $6,023 \cdot 10^{23}$  átomos, con muchos electrones girando. Si millones de estos electrones externos caen de nivel, se emite radiación suficiente para ser vista. Cada elemento químico emite luz de determinados colores porque los electrones saltan en todos los átomos de ese elemento entre los mismos niveles permitidos, como se puede apreciar en la Figura1.2 siguiente.

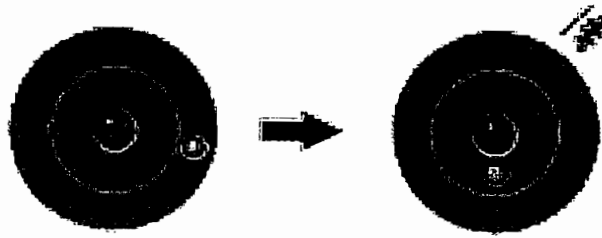


Figura 1.2 Emisión de Energía  
Debido al salto de un electrón

La frecuencia de la luz emitida depende de la diferencia de energía de los niveles entre los que salta el electrón, energía que se puede determinar mediante la ecuación 1.1.

$$E_s - E_i = h\nu \quad \text{Ec. 1.1.}$$

Donde;  $E_s$  corresponde a la energía del nivel superior,  $E_i$  es la energía del nivel inferior,  $h$  es una constante y  $\nu$  es la frecuencia de la luz emitida.

La longitud de onda,  $\lambda$ , es igual a la inversa de la frecuencia:

$$\lambda = \frac{1}{\nu} \quad \text{Ec. 1.2.}$$

La cantidad de radiación que emite un cuerpo depende de su temperatura. Los cuerpos sólidos emiten prácticamente todo tipo de radiaciones -todo el espectro- ya que al tener átomos y enlaces muy diversos los cambios energéticos permitidos son muy variados. Al aumentar la temperatura el máximo de la intensidad radiada se produce a menores longitudes de onda.

La luz se mueve en el vacío aproximadamente a 300.000 km/s, y mientras no interactúa con la materia y llega a los ojos no puede ser vista. El espacio puede estar lleno de luz sin embargo aparece oscuro.

Cuando una radiación luminosa incide sobre un cuerpo parte de la luz se refleja, parte se transmite a través de él y el resto, correspondiente a determinadas longitudes de ondas, es absorbida por el cuerpo.

Dentro de las sustancias transparentes la luz va a menor velocidad que en el vacío y una parte de ella siempre es absorbida debido a su interacción con los electrones de la materia. Se puede observar la luz difundida por la superficie (luz reflejada) o la transmitida por el cuerpo si es traslúcido. Al interactuar la luz con la materia es cuando se produce el color.

### 1.2.2 ORIGEN DEL COLOR

Los objetos absorben o reflejan las radiaciones de la luz solar, a la que se denomina luz blanca o luz visible. Cuando las reflejan, estas radiaciones son captadas por la retina humana, lo que permite que llegue la información al cerebro y, así, captar el color que se está reflejando.

Al conjunto de radiaciones que tienen frecuencias muy próximas se las conoce con el nombre correspondiente al color con que el ojo humano las identifica, como se puede ver en la Figura 1.3. Así, a las radiaciones agrupadas en torno a los 600 nm se las denomina color amarillo. Las que rondan el extremo del visible, próximas a 350nm, son las violeta etc. Más pequeñas, y ya no visibles para el ojo humano, son las ultravioleta que ya no son colores, sino sólo radiación.

La combinación de longitudes de onda reflejadas da a cada objeto un color concreto.

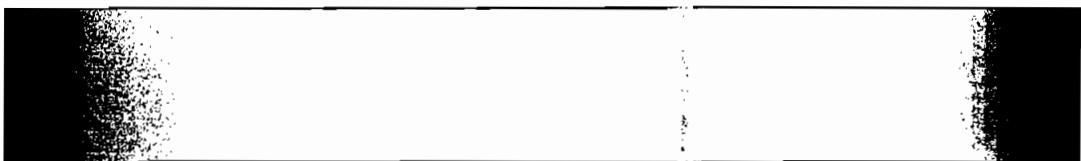


Figura 1.3. Rango de colores visibles al ojo humano

### 1.2.3 ELEMENTOS DEL COLOR

Para poder determinar un cierto color se necesitan tres elementos o factores necesarios, estos son:

#### 1.2.3.1 Muestra u objeto.

Este es descrito por la interacción con la luz. Esta descripción es llamada curva espectral. El instrumento que se usa para realizar la medida es un espectrofotómetro. Por ejemplo, para muestras opacas como muestras de pinturas o textiles, la curva es llamada curva espectral de reflectancia.

#### 1.2.3.2 Fuente de luz:

No se ve color sin tener luz. El color del objeto que se ve depende de las características de la fuente de luz bajo la cual la muestra es vista. El color de la muestra puede parecer que cambia considerablemente si la fuente de luz es una bombilla de luz incandescente o la luz de día. Ya que el color de la fuente de luz influye directamente en el color de la muestra, se puede describir a la luz de cualquier fuente en términos de la cantidad de luz (energía) que emite a cada una de las longitudes de onda.

#### 1.2.3.3 Observador:

Es el tercer y último componente que ayuda a determinar un color. El ojo humano tiene 3 tipos de receptores llamados *conos* que responden a la luz de diferentes longitudes de onda representadas en forma de curvas. El tratamiento de esta curva con la curva espectral da como resultado el estímulo que va al cerebro.

## **1.2.4 EL COLOR SUPERFICIAL**

El color que emite la superficie de las sustancias coloreadas (lo que se ve) se llama color superficial. Parte de la radiación se refleja y parte es absorbida por el cuerpo. Si el cuerpo es una lámina fina puede que la radiación lo atraviese. Así una laminilla de oro se ve amarilla por la luz que refleja (rojo, anaranjado, amarillo) y al trasluz se la ve azul-verdoso porque transmite el resto del espectro.

Los aspectos del color superficial son:

### **1.2.4.1 Matiz o tonalidad.**

Se refiere al nombre del color, al tipo de longitud de onda de la radiación. Como no es una radiación concreta (un color es un conjunto de radiaciones próximas) no es un valor cuantitativo y se da (cualitativamente) por descripción, matiz verde, rojo, púrpura, etc. según la longitud de onda dominante. Al existir un matiz tienen que existir también brillo y saturación.

### **1.2.4.2 Brillo**

Es la intensidad subjetiva con la que se identifica el color (captación de la intensidad luminosa reflejada). Depende del ángulo con que se observe la superficie. La luz blanca no tiene matiz (no tiene color), pero tiene brillo.

### **1.2.4.3 Saturación**

Es la pureza del color. Dentro de un mismo color rojo se puede distinguir entre un rojo pálido o un rojo fuerte según su distinta saturación. Cuanto más blanco contiene menos saturado está el color: el rosa pálido está poco saturado.

### **1.2.5 GAMA DEL COLOR**

El ojo humano puede percibir una amplia gama de colores, normalmente mucho más amplia que la gama de colores asociada a un dispositivo, como puede ser una cámara fotográfica o un scanner. Los colores disponibles para un dispositivo específico se conocen como la gama de colores.

La creación de toda la gama de colores parte de tres colores básicos como son el Rojo (Red), verde (Green) y azul (Blue). Estos colores, que son considerados como el sistema RGB, pueden dar, mediante combinación, la creación de toda la gama de frecuencias visibles para el ojo humano.

### **1.2.6 COLORES ADITIVOS Y SUSTRATIVOS**

Luego de haber explicado como es posible observar los diferentes colores y como se crean cada uno de ellos, se explicará como se han desarrollado técnicas que permiten generar varios colores mediante la mezcla, en diferentes proporciones, de los colores básicos.

#### **1.2.6.1 Color aditivo**

El modelo de colores aditivos, que se puede observar en la Figura 1.4, crea los diferentes colores combinando diferentes proporciones de rojo, verde y azul, estos colores se conocen como primarios aditivos. Si se combina la cantidad máxima de rojo, verde y azul se crea el color blanco. El negro aparece cuando los tres colores están ausentes. Si se combinan diferentes cantidades de los tres colores se crean diferentes tonos de gris. Si se combinan diferentes cantidades de dos de los colores primarios aditivos se crea un tercer tono saturado.



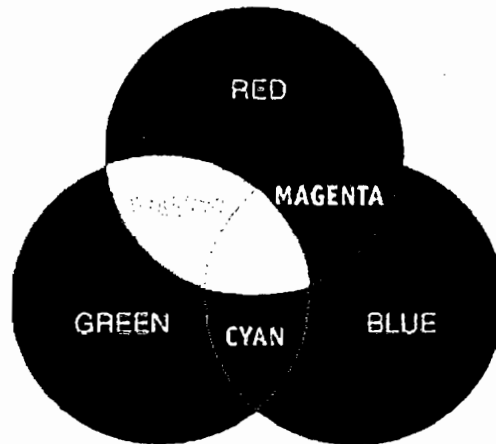


Figura 1.4. Modelo de combinación aditiva de colores primarios.

En este caso la combinación de dos colores primarios aditivos dan como resultado tonos saturados como son el amarillo (Yellow), el violeta (Magenta) y el celeste (Cyan). A esta combinación de colores saturados se los conoce con el nombre de sistema CMYK.

#### 1.2.6.2 Color sustractivo

El modelo de color aditivo, que se observa en la Figura 1.4, simula el espectro visible del color sumando la luz de tres colores primarios, mientras que el modelo de color sustractivo (Figura 1.5) se basa en el hecho de que diferentes pigmentos absorben diferentes longitudes de onda de la luz, con lo que los colores se producen restando y no sumando.

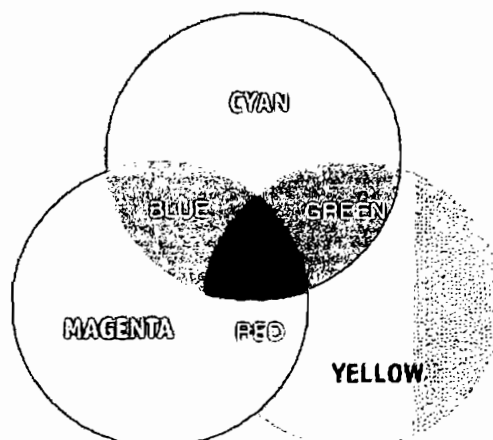


Figura 1.5. Modelo de combinación Sustractiva de colores primarios.

Al combinar dos colores primarios sustractivos se crea un nuevo color que es relativamente puro o saturado. Por ejemplo, es posible crear el rojo combinando magenta y amarillo, que absorben el verde y el azul respectivamente. El blanco se produce cuando no se aplica ningún colorante. La combinación de los tres primarios sustractivos produce, en teoría, el color negro.

Existe una relación entre los colores primarios aditivos y sustractivos. Esto puede verse colocando los colores en un triángulo. Los colores primarios aditivos se colocan como puntos alrededor del triángulo. Los colores primarios sustractivos se colocan entre los dos primarios aditivos que se combinan para producirlos, esto se grafica en la Figura 1.6.

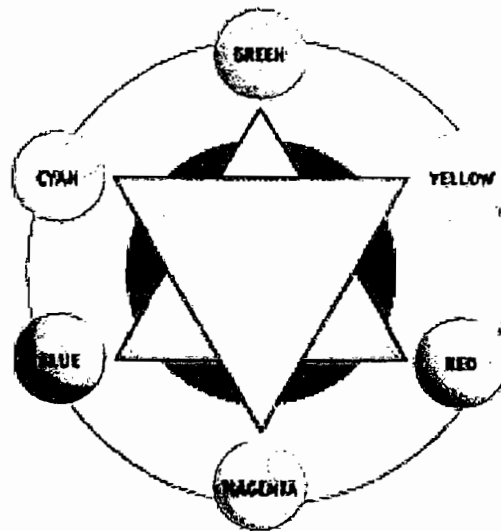


Figura 1.6 Relación de colores Aditiva sustractiva.

### 1.2.7 EL SISTEMA CIE

En 1931 el Comité Internacional de Iluminación, sus siglas CIE, creó un sistema con el objeto de describir el color con la adecuada combinación de los elementos antes mencionados, como son el objeto, la fuente de luz y el observador. El sistema creado sirve como guía visual en el espacio del color, y para determinar los parámetros del color como son la saturación, brillo, tonalidad, etc.

El espacio de color se lo representa en la Figura 1.7, el mismo que sirve como guía referencial, en el caso particular de pinturas, para llegar a un color deseado.

## COORDENADAS CIELAB

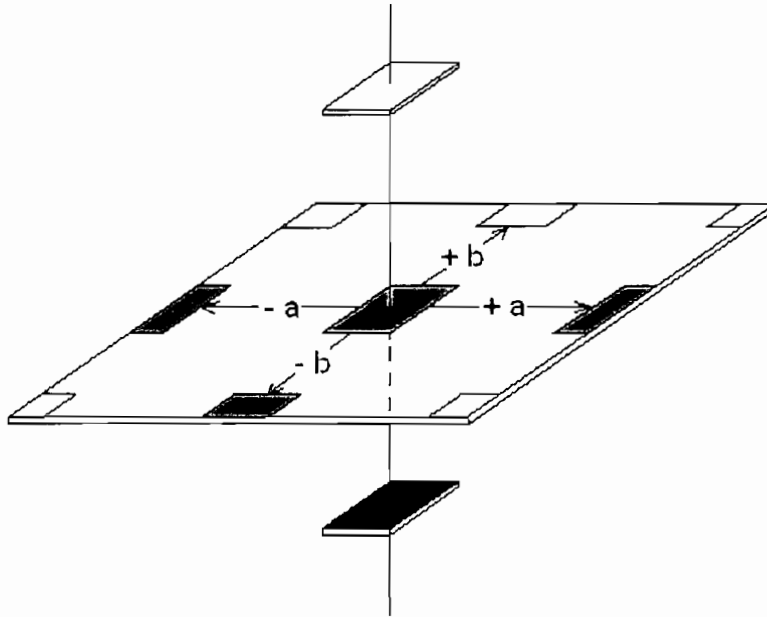


Figura 1.7 Espacio de color CIELAB y coordenadas CIELAB

Durante el proceso de elaboración de una pintura, el tinturador hace varios ensayos con el color preparado, estos ensayos los realiza el operador analizando el resultado mediante un equipo llamado espectrofotómetro. Este equipo permite analizar las características del color preparado con respecto al estándar, al cual se debe llegar. El equipo ofrece, mediante software propio, gráficas y datos exactos sobre la variación del color preparado con respecto al estándar en el eje de coordenadas (a,b,L) de la Figura 1.7, con estos valores el operador se puede guiar para saber que colores debe añadir y poder llegar al color deseado mas fácilmente.

El eje de coordenadas, por lo tanto, se lo usa como guía para poder llegar al color deseado, partiendo de que el color estándar está en el centro del sistema.

## **1.3 LA PINTURA**

Se conoce a la pintura como un recubrimiento orgánico, mezcla de varios materiales que se presenta en estado líquido o sólido que, una vez aplicada sobre cualquier superficie, se adhiere y forma una capa o película.

### **1.3.1 FUNCIONES**

Las funciones principales de la pintura son: proteger, decorar, codificar y valorizar.

#### **1.3.1.1 Protección.**

Crea una barrera entre el sustrato y el medio ambiente puesto que la película que se forma está apta para soportar los agentes ambientales como: lluvia, polvo, salinidad, microorganismos. Tiene como objetivo fundamental alargar la vida útil del sustrato.

#### **1.3.1.2 Decoración.**

Otra función no menos importante de la pintura es conseguir una amplia gama de colores y texturas que hacen de una superficie pintada un objeto agradable a la vista.

#### **1.3.1.3 Codificación.**

En el campo de la industria se necesita muchas veces diferenciar mediante los colores varios circuitos independientes, para cumplir con normas internacionales, por ejemplo, para representar las tuberías de agua se usa el color verde y azul para las de aire, etc.

#### **1.3.1.4 Valorización.**

La pintura le da un valor agregado al objeto que recibe un color, es decir, a más de darle decoración a un objeto permite darle un valor adquisitivo mayor, valorizándolo.

### **1.3.2 COMPONENTES DE UNA PINTURA**

La Pintura está compuesta de cuatro elementos básicos como son; resinas, pigmentos, solventes, aditivos.

#### **1.3.2.1 Resinas**

Es el aglutinante formador de la capa o película de pintura, la misma que retiene el pigmento y tiene la habilidad de adherirse a la superficie.

#### **1.3.2.2 Pigmentos**

Son partículas sólidas que se encuentran en suspensión en la resina, los mismos que proporcionan color, cuerpo, poder de teñido, y poder cubriente a la pintura.

#### **1.3.2.3 Solventes**

Son líquidos de origen natural como el agua y volátiles sintéticos como la acetona, los cuales mejoran la aplicación, adherencia, secado, brillo, etc.

#### **1.3.2.4 Aditivos**

Son sustancias químicas que se agregan a la pintura en pequeñas cantidades para darles ciertas características especiales como el de evitar que se formen natas, espumas, hongos, etc.

Todos los elementos antes descritos se encuentran almacenados y clasificados en varias partes de la planta de pinturas CONDOR como se puede ver a en las Figuras 1.8, 1.9 y 1.10 que a continuación se muestran:



Figura 1.8 Materias primas para la fabricación de bases

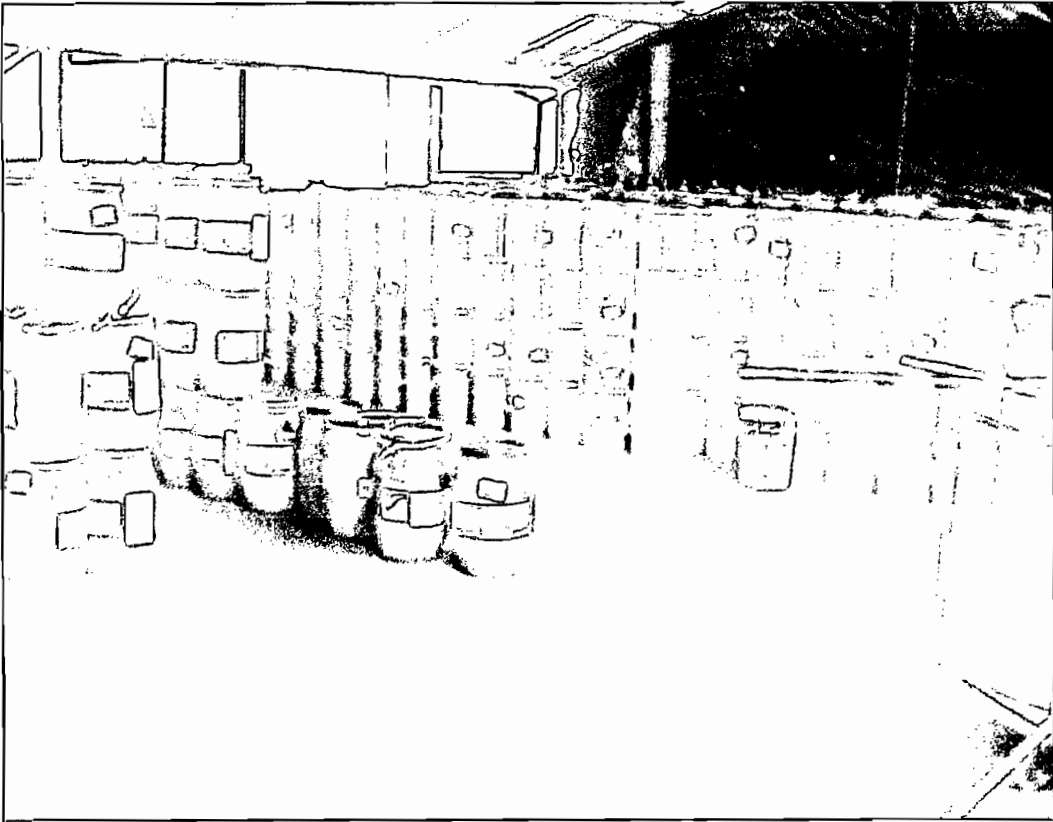


Figura 1.9 Tintes en pasta listos para ser usados



Figura 1.10 Solventes para la fabricación de pastas

## 1.4 DESCRIPCION DE LA PLANTA

El proyecto está orientado a la consecución de colores mediante una máquina dosificadora de tintes que ayuda, dentro del proceso de fabricación, a optimizar el tiempo bajo la responsabilidad del tinturador.

El proceso de fabricación de un color en PINTURAS CONDOR comienza con la planificación mensual de producción que se organiza mediante la coordinación de los supervisores de la planta. Luego de concordar con la cantidad de producción para las próximas dos semanas y/o el próximo mes, de una línea determinada, se calcula la cantidad óptima a producir.

El departamento técnico es el encargado de calcular la cantidad de componentes necesarios para llegar al volumen planificado, lo cual, luego de pruebas, se convierte en una fórmula fija para cada color, directamente proporcional al volumen.

Para la preparación de un color se usan dos partes; la pasta base o base que es la materia prima de la pintura, la cual le da ciertas características técnicas y una mezcla de tintes que le da el color a la base sin afectar sus otras propiedades. Las fórmulas elaboradas por el departamento técnico contemplan tanto la base como la mezcla de los tintes.

La base varía de acuerdo a la línea y sublínea a la que pertenezca el color que se quiere obtener. Para este proyecto en particular se deben analizar los procesos para realizar pastas bases para producir colores de la línea ARQUITECTÓNICA y para la sublínea DECORLAC de la línea de madera, que son los que se pretende optimizar.



### **1.4.1 CREACIÓN DE BASES**

Como ya se ha explicado anteriormente, este proyecto está enfocado a la optimización del tiempo en la fabricación de grandes cantidades de colores, así también se pretende la reducción de los costos que implica la fabricación de un color dentro de la así llamada línea Arquitectónica y la sublínea Decorlac.

#### **1.4.1.1 Pasta base para la línea ARQUITECTONICA**

Para poder realizar la preparación de la pasta base en la línea **arquitectónica**, siguiendo una fórmula preestablecida, se siguen algunos procedimientos que se dividen en dos etapas principales.

La primera etapa de la preparación será llamada parte A y se realiza en la máquina dispersadora. Debido a que esta máquina es grande se ha creado una plataforma en la parte superior para poder ingresar la materia prima.

El objetivo de la máquina dispersadora es mezclar los pigmentos en agua y se la puede observar en las Figuras 1.11 y 1.12.

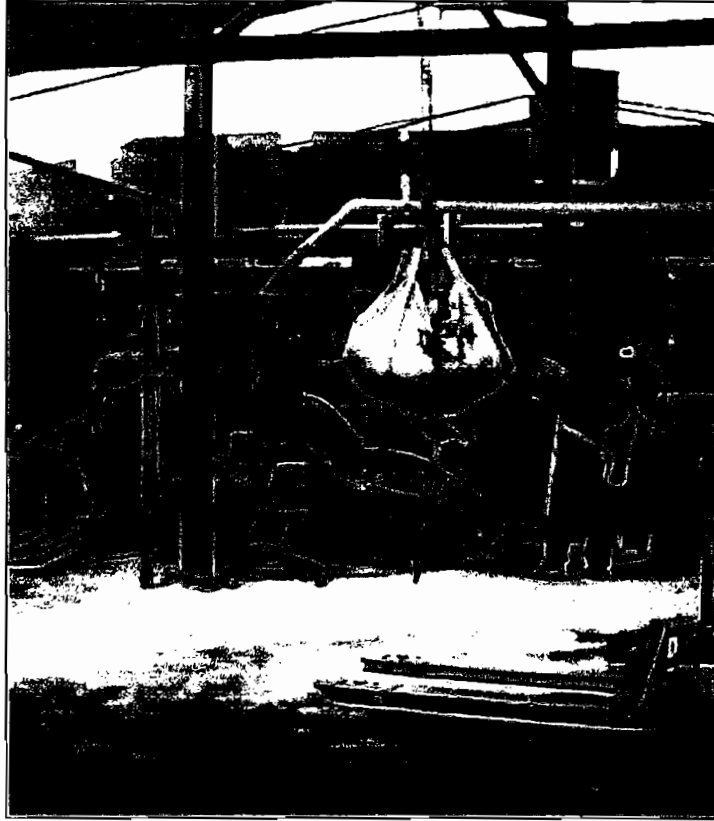


Figura 1.11 Máquina Dispersadora (Parte superior)



Figura 1.12 Máquina Dispersadora (Parte inferior)

El proceso que se cumple dentro de la máquina es el siguiente:

1. Se coloca agua en la máquina dispersadora aproximadamente hasta un 25% del volumen total requerido, es decir de la cantidad de color que se desea producir.
2. En la realización de la base se necesita varios pigmentos, los cuales le proporcionan el color.  
Para lograr la dispersión, que es la mezcla de los pigmentos en el agua, es necesario primero adicionar elementos dispersantes que permitirán llegar a la finura deseada. La finura de una pasta se mide por el tamaño de la partícula del pigmento en la base terminada, y ésta es determinada por el tiempo de homogenización de la pasta, por la velocidad a la cual ocurre la misma, y por el dispersante utilizado.  
Básicamente se utilizan dos tipos de dispersantes; uno sólido y otro líquido. En esta parte del proceso los operadores colocan en la máquina dispersadora el 100% de la cantidad indicada en la fórmula para el dispersante sólido y solo un 50% del dispersante líquido, dejando el resto para ocuparlo en una etapa posterior.
3. Por el hecho de trabajar con agua y con componentes orgánicos, la aparición de bacterias en la mezcla es inevitable. Para controlar esto se adicionan fungicidas que, de igual manera se añaden hasta un 50% de lo expresado en la fórmula. El resto se añade en la última etapa de la preparación para garantizar la ausencia de bacterias en el producto terminado.
4. Otro problema que se presenta en la mezcla, debido a la agitación, es la aparición de espuma, por lo que se añade un antiespumante que, por razones ya explicadas, en esta etapa se agrega solo el 50%.

5. Luego de incluir los componentes anotados anteriormente se procede a homogenizar la mezcla durante 5 minutos. Esto se hace para que la mezcla tenga igual consistencia en todo su volumen. Con este fin, la máquina dispersadora consta de grandes agitadores movidos por un motor.
6. Cuando se tiene la mezcla homogenizada se añaden los pigmentos entre los que se encuentran el carbonato de calcio, el caolín, silicato, talco, dióxido de titanio entre otros. Todos los pigmentos se compran molidos y pesados y constituyen la materia prima de la empresa.
7. Una vez que se tiene todos los elementos en la máquina la agitación es esencial para lograr que el dispersante y los demás elementos cumplan su función, esta se hace entre 20 y 30 minutos hasta llegar a la finura deseada.

La parte B del proceso se realiza en el tanque mezclador donde se almacenará el producto final.

Existen varios tipos de tanques mezcladores, como se pueden ver en las Figuras 1.13 y 1.14, los mismos que se encuentran numerados.

Hay tanques de varias capacidades, como los que se muestran en la Figura 1.13, los que son de 3000 litros y se usan para la línea arquitectónica.

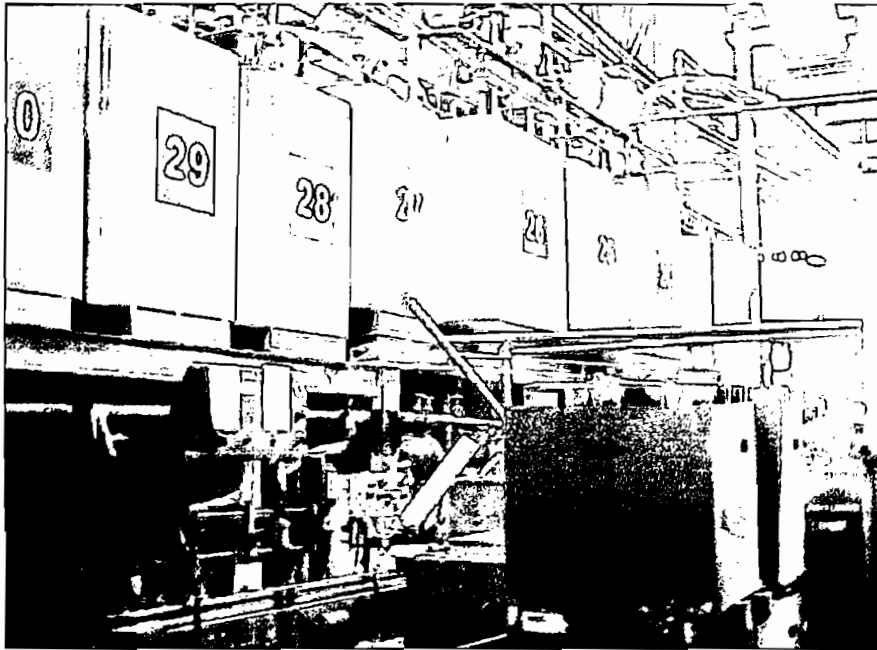


Figura 1.13 Tanques mezcladores

Pero hay tanques de mayor capacidad (Figura 1.14) que se usan para la homogenización de grandes cantidades de componentes, como es el caso de los tanques 51, 52, 53 y 54 que son de una capacidad de 8000, 11000, 11000 y 11000 litros, respectivamente.



Figura 1.14 Tanques mezcladores de diferentes capacidades

En esta segunda parte del proceso se cumplen los siguientes pasos:

1. Se limpia el tanque para eliminar cualquier residuo de una preparación anterior, para lo cual se usa aproximadamente el 5% del agua que indica la fórmula para la base.
2. Una vez que se tiene el tanque limpio, se añade un 20% de agua en el mismo.
3. Dependiendo de la línea y sublínea a la que pertenezca el color, se procede a incluir en el tanque el espesante, lo cual ayuda a mantener la viscosidad y la densidad del producto final dentro de los rangos dados por las normas INEN y los parámetros internos de la empresa.
4. En este punto se procede a homogenizar la mezcla durante 10 a 20 minutos, usando el agitador del tanque.

Cabe señalar que la preparación de estas dos mezclas (A y B) se producen a la par por realizarse en tanques diferentes, y esto optimiza el tiempo de elaboración de una base.

Con ambas partes listas se procede a bombear la parte A hacia la parte B para tener toda la mezcla en el tanque final, lista para continuar con los siguientes pasos del proceso:

1. Se agita la mezcla en el tanque durante 5 minutos.
2. Se adiciona emulgador y resina, dos aditivos que sirven, como ya se indicó, para mejorar las propiedades de la pintura, sobre todo en adherencia a la superficie a ser pintada.
3. Luego, se vuelve a agitar la mezcla de tal manera que ésta se homogenice, esto se realiza durante 5 minutos más.
4. Los porcentajes restantes de antiespumante, dispersante líquido, y fungicida son añadidos en esta etapa; además de un bactericida que ayuda al mantenimiento de la pintura durante un largo periodo de tiempo. También se agrega un regulador de PH.

5. Para completar la fórmula se procede a añadir el porcentaje restante de agua y se agita la mezcla total.

Luego de que la pasta base se ha terminado de preparar, se procede a la tinturación de la misma. Para esto se tiene doce diferentes tintes, de los cuales el departamento técnico determina cual o cuales tintes entran en el color y en que porcentaje cada uno de ellos. Estos porcentajes se encuentra registrados en la fórmula del color seleccionado.

Un detalle interesante es que, en el caso particular de Pinturas CONDOR, la empresa prefiere comprar los tintes para la línea arquitectónica antes que fabricarlos, esto se debe a que el departamento técnico tiene muchos inconvenientes en el proceso de fabricación de los tintes. En cambio, para la línea de Madera, los tintes sí son preparados en la empresa debido a que en esta línea la producción es pequeña comparada con la línea arquitectónica, además de que los tintes para la línea de madera no están a la venta y son relativamente fáciles de fabricar.

Aquí cabe aclarar que, la empresa elabora cualquier color con la ayuda de un operador llamado "Tinturador", el cual está encargado de identificar el color a tinturar, y su respectiva fórmula, para luego preparar los tintes necesarios y dosificarlos, en la base adecuada, para llegar al color deseado. Sin embargo, no siempre la cantidad de los tintes especificados en la fórmula permiten llegar al color deseado, debido a que los tintes comprados tienen un rango de variación en la concentración; además, el volumen especificado en los recipientes no siempre es exacto, esto sin contar con los errores propios de la dosificación manual. Además, se debe considerar que la pasta base tiene un rango de variación en sus propiedades lo que da como resultado una alta probabilidad de fallar el color. Es por esto, que el tinturador generalmente no coloca el 100% de la cantidad de los tintes dentro de la base, sino una cantidad menor, como un 75%, y haciendo varios ensayos modifica la fórmula, ajustándola, hasta alcanzar su objetivo del color deseado.

Los ensayos se realizan haciendo trazos del color preparado con respecto a un color estándar en cartas de prueba; estas cartas son analizadas en el espectrofotómetro, para luego de esto concluir si la fórmula necesita o no ajustes.

Luego de que el operador realiza los ensayos necesarios para llegar al color deseado, entrega al departamento técnico la carta de color final para su aprobación.

#### **1.4.1.2 Pasta base en la sublínea DECORLAC**

Para la creación de la pasta base para la sublínea Decorlac se debe seguir un procedimiento parecido al de la creación de la pasta base en la línea Arquitectónica. Así mismo la preparación de la fórmula se crea en el departamento técnico para su posterior preparación.

En esta línea de fabricación no se usan pigmentos ni agua, lo que significa que este tipo de base se puede preparar en los calderos o en los tanques mezcladores.

En la descripción de la fabricación de una pasta base para la línea DECORLAC, se dirá que se usan tres tipos de resinas llamadas resina 1 (Alquídica), resina 2 (Urea formaldehído), resina 3 (melamina formaldehído). Así mismo se usan cuatro tipos de solventes identificados como solvente 1, solvente 2, solvente 3 y solvente 4. A fin de precautelar la formulación de la empresa.

1. Tomando en cuenta la cantidad de pintura que tiene que prepararse, se pone en un tanque mezclador la resina 1 en un 100% y solvente 1 en un 50% permitiendo que la mezcla se homogenice durante aproximadamente unos 10 minutos; esto se llama parte A.
2. En otro caldero se prepara, mientras tanto, una mezcla de resina 2 y resina 3, adicionando el solvente 1 en un 40% más y el solvente 2 en un 100%



mientras se homogeniza la mezcla. A esto se le llama parte B, la cual es bombeada hacia la parte A.

3. Luego de homogenizar la mezcla total durante 10 minutos, se añaden aditivos y varios tipos de solventes como son: el solvente 1 en un 5% más, el solvente 3 en un 100% y el solvente 4 en un 100%. A esta mezcla se la homogeniza durante 60 minutos para luego de esto hacer el control de la densidad, viscosidad, limpieza, color, brillo, secamientos y aplicación en la madera. Si no cumplen con los estándares se ajusta todos estos parámetros con el uso del solvente 1 y otros aditivos más.

## 1.5 LA MÁQUINA COLORTREND

La máquina dosificadora COLOR TREND, que será utilizada para el presente proyecto, tenía como objetivo preparar colores en volúmenes de uno, cuatro y veinte litros en los puntos de venta Expocolor, lo cual hacía dosificando el 100% de los tintes especificados en las fórmulas de los diferentes colores de la línea Arquitectónica y de una sublínea de esmaltes. No era capaz de dosificar colores de otras líneas debido a que solo contaba con los doce tintes propios de esas líneas; amarillo, negro, ocre, verde, azul, rojo ox, café oscuro, blanco, café chocolate, rojo, amarillo oscuro y magenta, los cuales, como se explicó anteriormente, son comprados a proveedores como un producto terminado.

La máquina era capaz de dosificar el color con el 100% de los tintes, es decir, en un solo intento. Esto se lograba debido a que en los almacenes no existen los problemas que se tienen en la planta, puesto que las pastas bases que se envían a los Expocolor son estándar y pasan por un análisis riguroso para asegurar la consecución efectiva del color. De igual manera, los tintes que usan dichas máquinas tienen una variación mínima en la concentración, por lo que tampoco representan un problema significativo.

La paleta de colores que esta máquina podía dosificar abarca 858 colores, dentro de los que se encuentran los colores de la línea ARQUITECTÓNICA y de una sublínea de esmaltes.

### **1.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA COLOR-TREND**

En el mercado existen varios tipos de máquinas para preparar colores, cada una de las cuales con una gama diferente de opciones, dependiendo del número de bases y de tintes que se usen. Para su operación es necesaria la unión de tres grupos grandes de personas dedicadas a la creación de bases, tintes y diseño mecánico.

La selección de la máquina depende principalmente de la zona en la que va a ser usada, por ejemplo, en el caso de Pinturas Cóndor, se ha hecho un estudio de mercado en el cual se concluye que la demanda en el Ecuador se satisface mayoritariamente con 800 (ochocientos) colores, de acuerdo a este número la empresa seleccionó un sistema de dosificación que trabaja en base a cuatro pastas bases y doce tintes para crear 858 colores diferentes.

La máquina COLOR TREND modelo Accutinter 2000, se presenta en la Figura 1.15 siguiente:

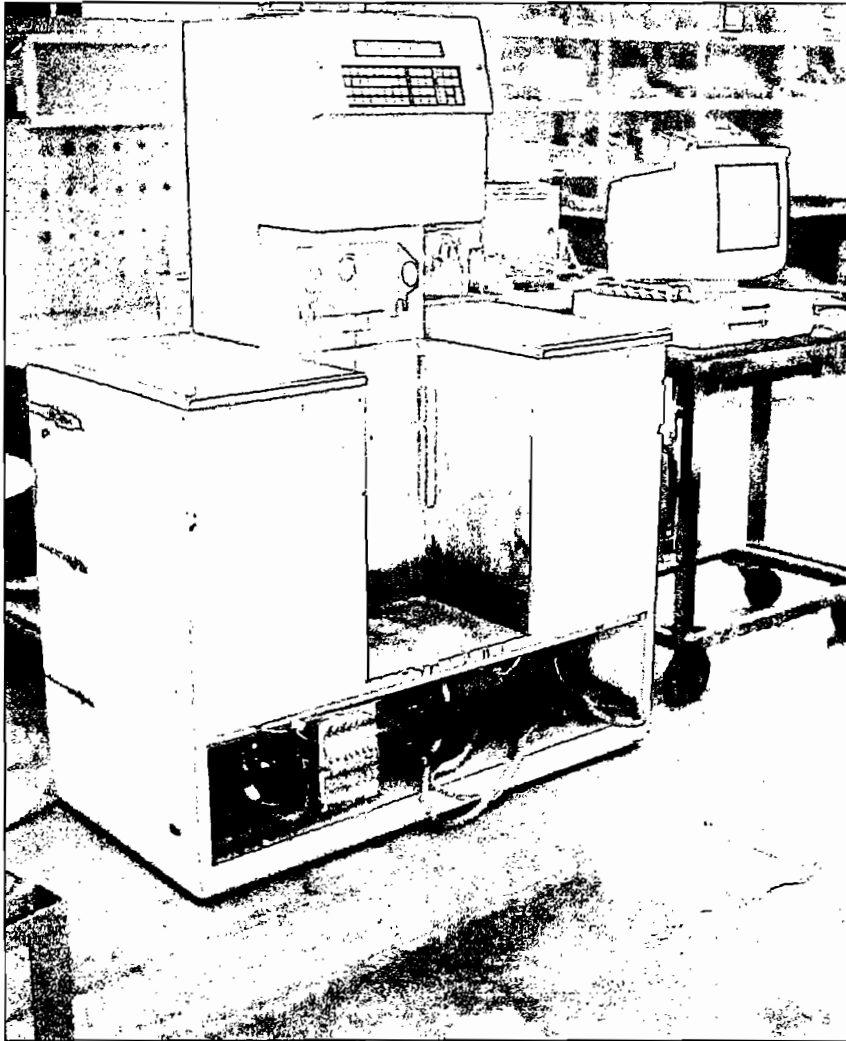


Figura 1.15 Máquina COLOR TREND modelo Accutinter 2000

Esta máquina consta, de doce bombas acopladas mecánicamente a un motor eléctrico de dos velocidades, un encoder, doce electro-válvulas de tres vías, doce tanques de cinco litros para almacenar los tintes con un agitador de aspas acoplado a un solenoide en cada uno, un dosificador de donde salen los tintes hacia la base, y una fuente que es la encargada de abastecer de energía a todos los componentes a partir del suministro normal de energía.

Las bombas de la máquina están en un sistema mecánico en el que *no interviene* la parte eléctrica, en contraposición, el motor DC es el que está dimensionado

para poder soportar toda la carga estimada por el acoplamiento y funcionamiento de las doce bombas, como se puede observar en la Figura 1.16.

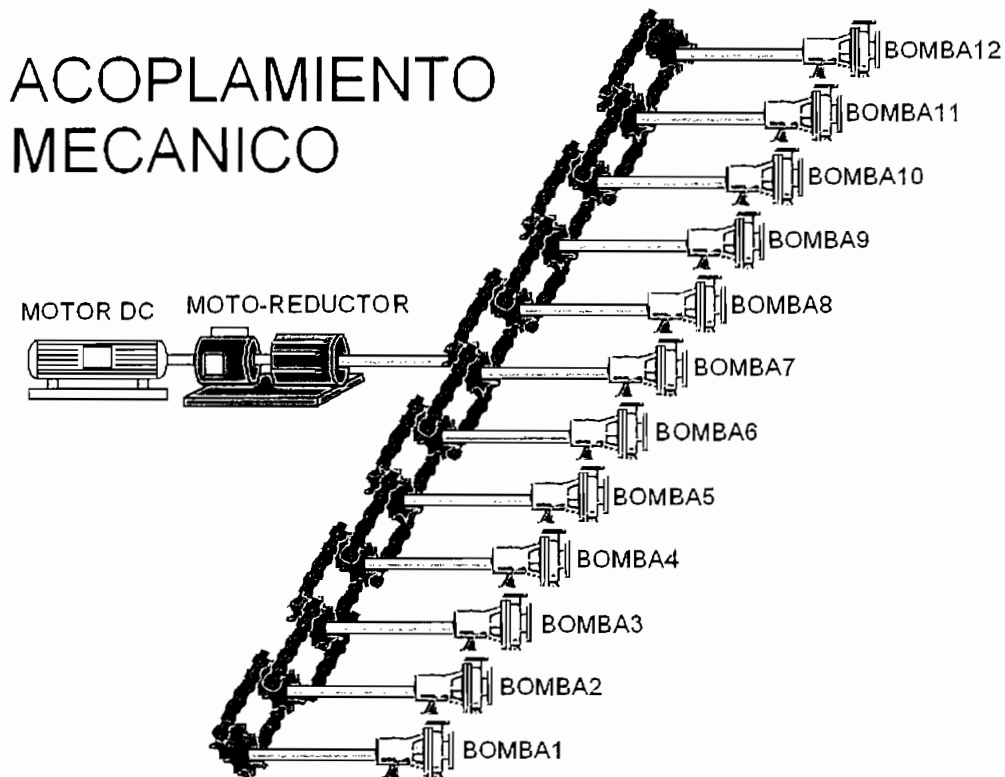


Figura 1.16 Acoplamiento mecánico del motor con las bombas

Los canisters, en cambio, son solo tanques de cinco litros, en el caso particular de ésta máquina, que permiten almacenar los tintes. Estos son creados de un material que no se pueda deteriorar por la corrosión de los tintes. En la Figura 1.17 se puede observar que el canister está conectado con la bomba y la electroválvula, esto se debe a que cuando la máquina no se encuentra dosificando, los tintes recirculan en el circuito del canister, es decir, que la válvula en estado normal se encuentra abierta en el lado del tanque. Cuando las electroválvulas se activan su sistema mecánico permite que el tinte atraviese su cuerpo y circule desde un circuito hacia otro.

En los tanques de cada tinte se encuentra el eje de dispersión que sirve para agitar el tinte cuando la máquina no está en uso. Esta función se realiza debido a que la densidad de los tintes es alta y podría ocasionar que las tuberías se



### 1.5.2 FUNCIONAMIENTO NORMAL DE LA MÁQUINA COLOR TREND

Con su sistema de control original, la máquina era capaz de generar 858 colores mediante códigos ingresados por teclado. Además, era posible usar ciertas opciones adicionales útiles para el control y mantenimiento de la máquina.

El proceso de preparación de un color, usando la máquina COLOR TREND, se muestra en la Figura 1.18 siguiente.

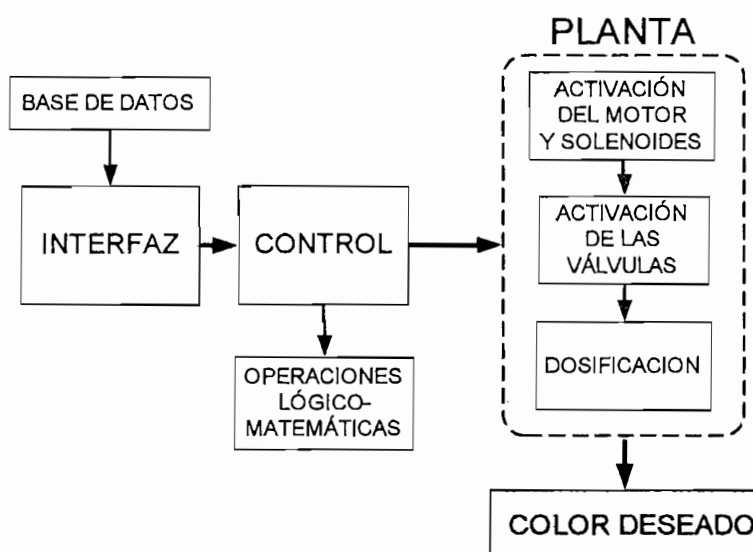


Figura 1.18 Diagrama de bloques del proceso de preparación de una pintura con el uso de una máquina COLOR-TREND

#### 1.5.2.1 Dosificación de un color

En base al color y la cantidad solicitada por el cliente, el operador ingresaba el código correspondiente al color requerido, además de su volumen, colocando de antemano, bajo el dosificador, el tipo de pasta base acorde al color, el volumen y a la línea solicitada. Luego de esto el sistema dosificaba la cantidad de tinte exacto de acuerdo a la fórmula del color.

Cabe indicar que en los almacenes Expocolor existen máquinas agitadoras que permiten la homogenización de la pintura.

### 1.5.2.2 Opciones adicionales

Entre las opciones adicionales se incluían; purgar los tintes, agitar los tanques, calibrar las bombas, rellenar los niveles de los doce tanques y dosificar cada uno de los tintes individualmente, tal como se detalla a continuación:

- **PURGAR:** Esta acción permite destapar el dosificador para evitar fallas de precisión en la preparación de un color por residuos en las salidas de los tintes. Esto se logra dosificando todos y cada uno de los tintes por un corto tiempo, con el motor de las bombas funcionando a velocidad rápida.
- **AGITAR:** Esta acción permite mantener los tintes en constante movimiento para evitar que se adhieran a las paredes internas del tanque. La agitación se consigue mediante el movimiento rotativo de espas dentro del tanque.

Esta función incluye la recirculación que es el movimiento de los tintes en todo el sistema, lo cual se hace para evitar adherencias en las mangueras y bombas. La recirculación era realizada a velocidad baja y con las electroválvulas cerradas hacia el dosificador, permitiendo que los tintes salgan de los tanques y regresen a ellos pasando por las bombas y mangueras.

- **CALIBRAR:** La opción CALIBRAR permitía al operador verificar o corregir la eficiencia de las bombas. Para esto, el sistema dosificaba una onza líquida del tinte seleccionado y el operador verificaba la salida mediante un recipiente de una onza exacta. Si la cantidad dosificada por el sistema era menor que una onza el operador de la máquina debía aumentar la calibración y volver a hacer la prueba las veces necesarias hasta llegar al valor exacto.

- **NIVELES:** Los tanques no están previstos de sensores de nivel debido al diseño mismo de la máquina, por lo que el sistema de control es incapaz de saber con exactitud en que nivel se encuentran los tanques. El sistema de control original, mediante un algoritmo matemático, disminuía los niveles de los tintes que iban siendo usados y los guardaba en su memoria; y además daba la opción de que el operador aumente el nivel guardado, manualmente, cuando añadía tinte a los tanques.
- **DOSIFICAR TINTE:** Con el objeto de crear colores fuera de los preestablecidos, el sistema daba la opción de dosificar los tintes individualmente en volúmenes seleccionados por el operador.

Las necesidades de la empresa requieren que esta máquina permita aumentar la producción mensual de los colores en la empresa optimizando recursos. Con éste objetivo la empresa proveerá las fórmulas de los colores que deseen implementar.

## 1.6 PROPUESTA

Como se ha explicado anteriormente, el proceso de elaboración de un color, que el operador realiza manualmente haciendo ensayos para llegar al color deseado, requiere de tiempo en el número de ensayos necesarios. También necesita, en ocasiones, agregar tintes fuera de fórmula, lo que implica un gasto de dinero. Así mismo, la dependencia de la empresa en la experiencia del tinturador es un factor que se debe disminuir por cualquier eventualidad. Todos los problemas antes resumidos son los que se analizan para proponer en el presente trabajo una solución que cumpla con el objetivo buscado por la empresa.

En primer lugar, se propone mejorar la interfaz hombre-máquina, permitiendo al operador tener un ambiente de trabajo más amigable en una plataforma tipo PC-Windows.



En segundo lugar, se propone diseñar e implementar un sistema que incorpore la posibilidad de crear colores manualmente y dejarlos en memoria como colores preestablecidos. Se añadirá además, por petición y requerimiento de la empresa, una base de datos que permite identificar al operador, códigos, fecha y hora, número de intentos para llegar al color deseado, cantidad de tinte dosificado, entre otros. Todo esto será organizado de tal manera que mediante claves de acceso los supervisores de planta puedan llevar un control de la producción y del gasto de materia prima dentro de la empresa, además se dejará la posibilidad de realizar todas las opciones que tenía la máquina en su diseño original.

Para la realización del proyecto se propone utilizar una de las máquinas COLOR TREND, analizada anteriormente, que se encuentra actualmente fuera de servicio, rehabilitando su sistema mecánico y cambiando su sistema de control por uno nuevo que cumpla con las características detalladas en el párrafo anterior y además, que permita dosificar tintes en grandes volúmenes.

Debido al deterioro de las bombas en la máquina puesto que estuvo en funcionamiento durante un largo tiempo, se prevé trabajar con la calibración actual de las bombas y dejar la posibilidad de calibrarlas cada vez que el administrador considere conveniente, mediante una clave de acceso.

Como una consecuencia de la solución que se propone para la empresa, se espera una reducción en los costos de fabricación en la producción y un incremento, mediante la implementación de este sistema, en la producción mensual de la empresa. Todo esto debido a la disminución del tiempo de fabricación de un color con la utilización del nuevo sistema automático.

La propuesta descrita anteriormente se muestra en el la Figura 1.19 siguiente.

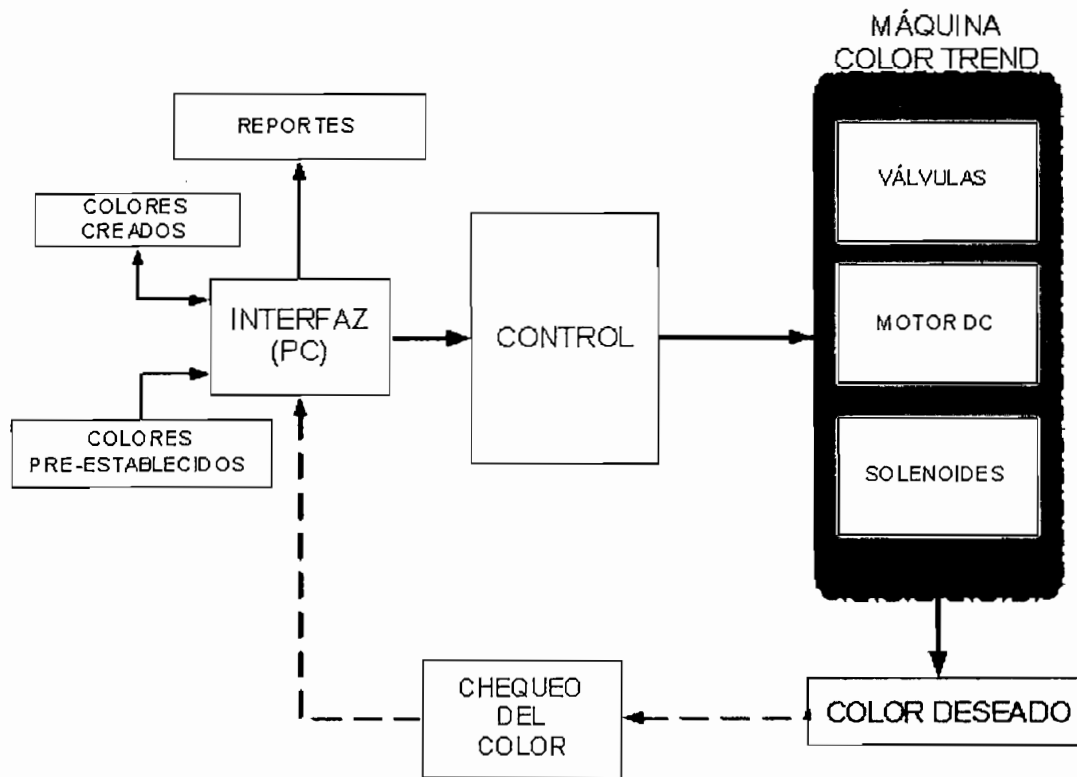


Figura 1.19 Diagrama de bloques de la propuesta.

Como se puede apreciar en el esquema anterior (Figura 1.19), se pretende utilizar el sistema mecánico que la máquina usaba para poder dosificar los tintes; con el rediseño del software, adaptado a los requerimientos de la empresa, y la adaptación del sistema electrónico nuevo, se podrá rehabilitar la máquina para poder ingresarla en el proceso de fabricación de pinturas para producir grandes cantidades de pintura.

Toda esta propuesta se diseñará y desarrollará en los capítulos siguientes.

**CAPITULO 2**  
**DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA**

## 2.1 INTRODUCCION

En el Capítulo 1, luego de analizar los requerimientos de la empresa, se delineó una propuesta de solución inicial que, en el presente capítulo, se diseña, para tratar de cumplir con el objetivo trazado.

En la Figura 2.1 se muestra un diagrama de la solución que se delineó, de la cual se empieza por indicar que un primer objetivo es reemplazar la interfaz (teclado y display) de la máquina COLOR TREND, por una HMI nueva y diseñar un sistema de control que le permita a esta HMI controlarla.

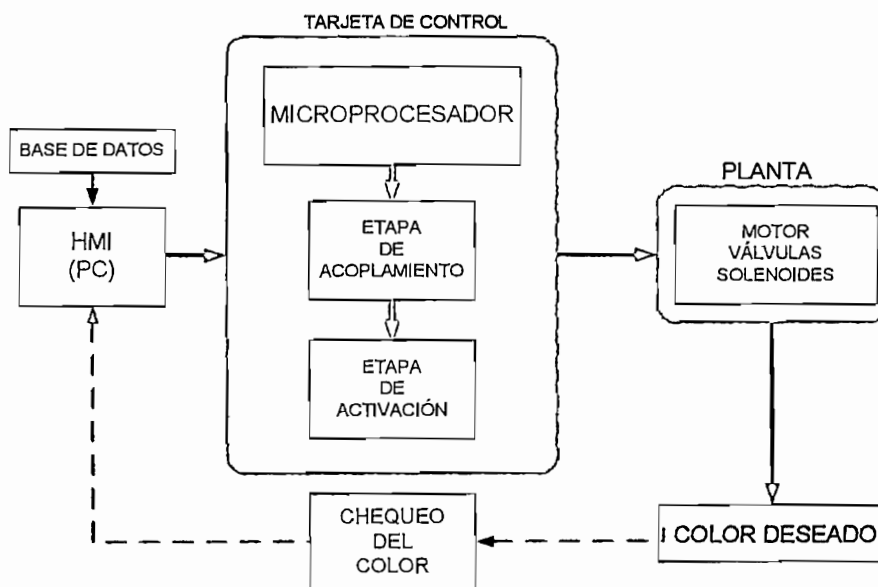


Figura 2.1 Diagrama de funcionamiento del nuevo sistema  
Incorporado en la máquina COLOR-TREND

## 2.2 FUNCIONES DEL HMI

La HMI deberá brindar un ambiente más amigable y más versátil al operador. Con este propósito se escogió como plataforma de desarrollo y operación al programa LabVIEW corriendo en una PC.

Las funciones que debe realizar el HMI son las siguientes:

- Permitir la fabricación de colores pre-establecidos, cuyas fórmulas serán entregadas por la empresa, considerando los colores de mayor demanda.
- Posibilitar la creación de nuevos colores, dentro de las dos líneas de producción consideradas, ingresando los porcentajes de tintes para cada color.
- Realizar las opciones normales que tiene la máquina en su diseño original, como son agitar y purgar los tintes.
- Conceder al operador la facilidad de dosificar tintes individualmente.
- Permitir la calibración de la máquina a personal calificado, cada vez que se considere conveniente.
- Mostrar al operador los niveles de tinte en los doce tanques, cada vez que éste lo requiera.
- Crear reportes para que los encargados de la producción de la planta puedan llevar un control del consumo de los tintes y de los colores fabricados.

En resumen, para ejecutar las funciones antes mencionadas, la HMI deberá enviar las órdenes o datos al circuito electrónico, el cual deberá gobernar a la máquina en la forma que se describe a continuación.

### **2.3 FUNCIONES DEL CIRCUITO DE CONTROL**

Para completar las funciones del HMI, se diseñó un sistema de control basado en un microcontrolador PIC, cuya función es recibir las órdenes emitidas por el operador a través de la interfaz y transformarlas en señales eléctricas que, con el acondicionamiento apropiado, sean capaces de controlar los periféricos de la máquina.

Los periféricos de la máquina que el circuito de control debe gobernar son los siguientes:

- Doce electro-válvulas, que son las encargadas de permitir o restringir el paso del tinte de los tanques al dosificador.
- Dos velocidades de un motor DC, acoplado mecánicamente a doce bombas, las cuales impulsan los tintes.
- Un Encoder de 5 VDC, acoplado al motor eléctrico, que emite 8 pulsos por cada vuelta del mismo.
- Un relé de estado sólido que controla a doce solenoides que sirven para agitar los tintes dentro de los tanques.

En total se deben controlar 16 dispositivos ON/OFF, de los cuales solo el encoder representa una entrada al sistema de control a implementar.

### **2.3.1 SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR**

Tomando en cuenta la cantidad de variables a controlar se debe seleccionar un microprocesador que maneje las 16 variables y que permita, adicionalmente, tener comunicación serial con un computador. Además se debe tomar en cuenta los costos, espacio, la velocidad y el diseño. Por estas razones se ha seleccionado un microcontrolador PIC que ofrece estas ventajas en comparación con microcontroladores de otras casas fabricantes o un PLC.

Dentro de la familia de microcontroladores PIC16F87X, existen dispositivos de 28 terminales que ofrece la solución más adecuada para este proyecto, por presentar tres puertos (22 canales) de entrada/salida. Las características de esta familia de microprocesadores se observan en la Tabla 2.1 siguiente.

Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions

Tabla 2.1 Características técnicas de Microcontroladores PIC

Considerando las características técnicas de los microcontroladores mostrados en la tabla anterior y haciendo una pre-evaluación que demostró que el programa a desarrollarse no sobrepasará los 4 Kbytes de memoria, se seleccionó el microprocesador PIC16F873, que se muestra en la Figura 2.2 siguiente.

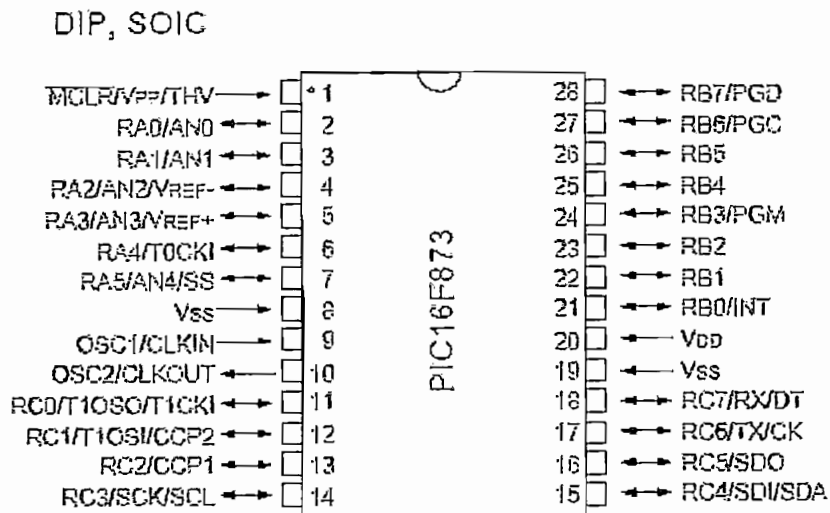


Figura 2.2 Microcontroladores PIC16F873

## 2.4. DISEÑO DEL HARDWARE

La Figura 2.3 muestra una vista global del sistema de control a implementarse, a partir de la cual se irá diseñando cada etapa en el transcurso de este capítulo.

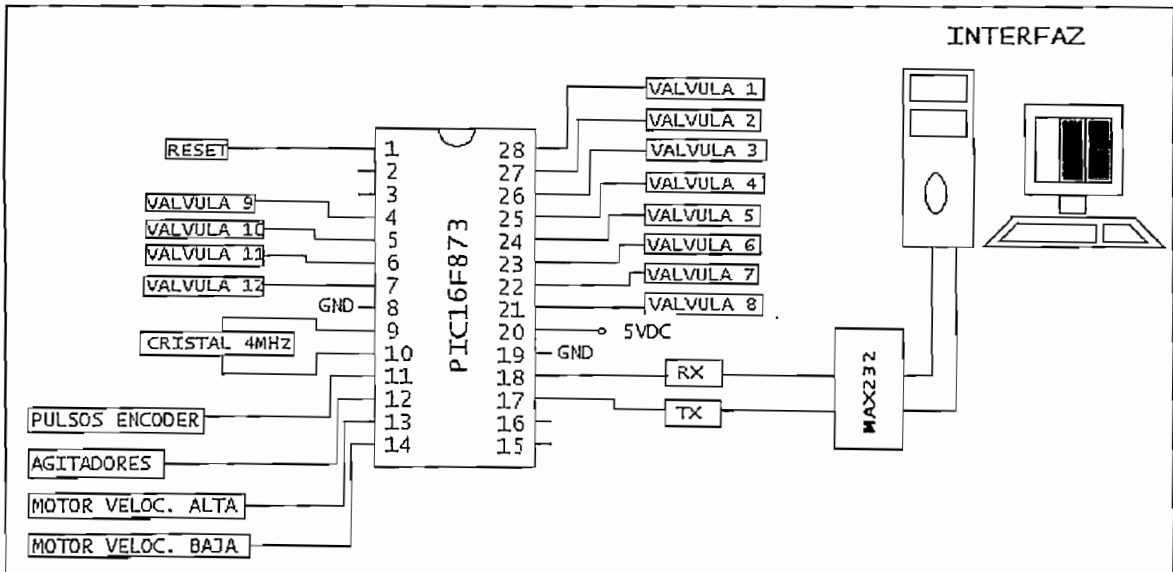


Figura 2.3 Vista General del Sistema de Control

### 2.4.1 DISEÑO DEL RESET

Dentro de la configuración básica del PIC se encuentra el circuito de reset, que se muestra en la Figura 2.4, que permitirá reiniciar el microcontrolador en caso de que se quede en un lazo infinito.

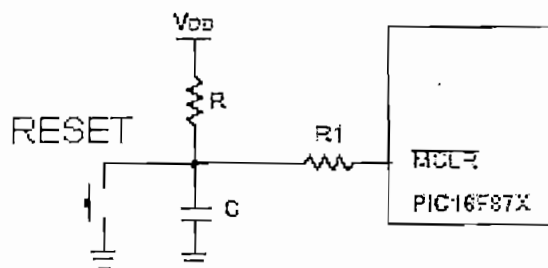


Figura 2.4 Circuito para Reset



El manual del microcontrolador sugiere que la resistencia R debe ser menor de  $40K\Omega$ , según recomendación del fabricante; para el caso presente se seleccionó a una resistencia de  $10K\Omega$ , para asegurar el voltaje mínimo necesario para que funcione el dispositivo. La resistencia R1 es solamente un limitador de corriente que varía de  $100\Omega$  a  $1K\Omega$ , y se emplea para limitar cualquier descarga eléctrica que pueda recibir el micro. El capacitor C, según las especificaciones técnicas, debe ser de  $1\mu F^1$ . Este se coloca siempre en paralelo con el pulsador, que permite volver a las condiciones iniciales al micro, para evitar rebotes.

#### 2.4.2 SELECCIÓN DE LA FRECUENCIA DEL CRISTAL

Otro de los pasos de configuración básica del micro, se refiere a encontrar la frecuencia de trabajo del cristal. El cristal debe ser escogido con el criterio de seleccionar la velocidad de respuesta del microcontrolador. Considerando los requerimientos de la aplicación, se escogió un cristal de 4 MHz que brinda una velocidad de respuesta de 1 ciclo de máquina por microsegundo, suficiente para el presente proyecto. Las especificaciones del micro que se encuentran en la Tabla 2.1 indican que éste puede trabajar con una frecuencia máxima de 20 MHz, por lo que la frecuencia de 4 MHz que se escogió es acertada.

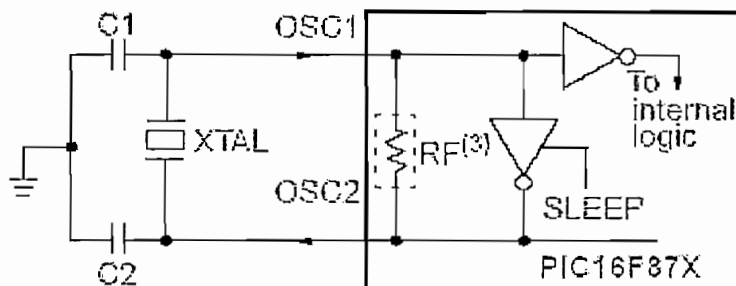


Figura 2.5 Circuito para el cristal de Oscilación

<sup>1</sup> Datasheet 16F87X

Como se puede observar en la Figura 2.5, el circuito de oscilación necesita dos capacitores que, según las especificaciones técnicas, deben ser de  $15\mu\text{F}^1$ . Tomando en consideración las características de los circuitos que se han descrito anteriormente, se tiene un circuito inicial de configuración básica del microcontrolador en la Figura 2.6.

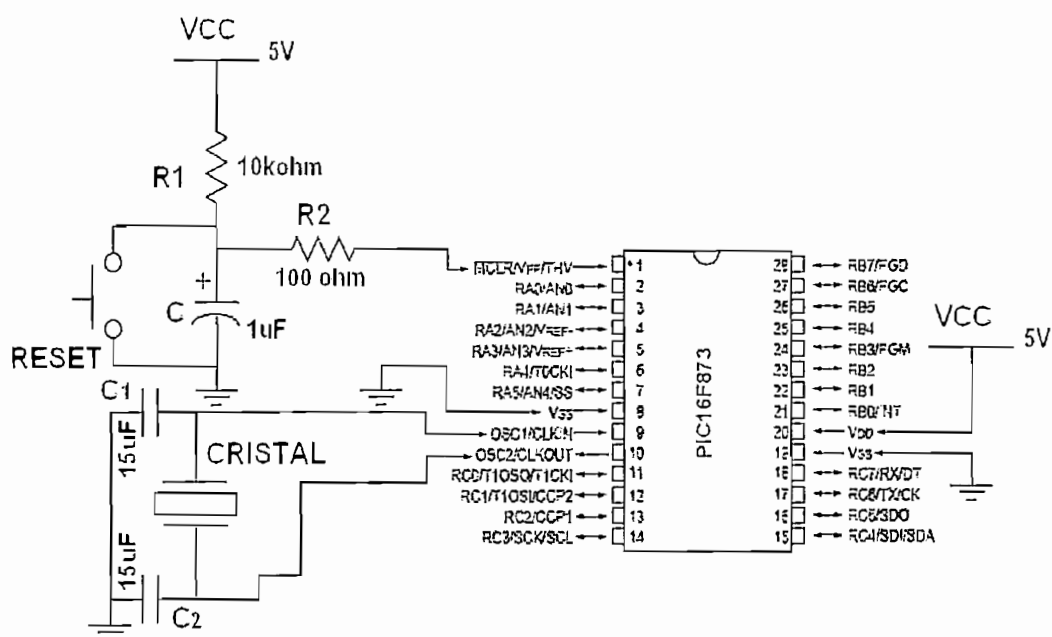


Figura 2.6 Configuración básica del microcontrolador

### 2.4.3. DISEÑO DEL CIRCUITO PARA CONTROLAR LAS VÁLVULAS

El diseño del circuito, para el manejo de las electro-válvulas de tres vías, se inicia con el conocimiento de la corriente que manejan las mismas. Para tal propósito se consultó los datos de placa, que muestran las características técnicas que se observan en la Tabla 2.2.

<sup>1</sup> Datasheet PIC16F87X

<b>SNAP-TITE/ALLIED</b>	
VALVE DIVISION	
<b>P/N</b>	V355X-9A
<b>ORIF</b>	3/8-3/16
<b>V</b>	24VDC
<b>PSI</b>	20
<b>ID</b>	HPS
<b>WATTS</b>	17.0

Tabla 2.2 Datos de placa de la electro-válvula  
Usada para la máquina COLOR-TREND

Debido a que en la placa no se muestra ningún valor de resistencia de la bobina, se encontró una referencia en la hoja de datos<sup>1</sup> de una familia de válvulas de similares dimensiones. Las características eléctricas de esta familia de electro-válvulas son las descritas en la Tabla 2.3.

<b>Coil Information</b>			
<b>Voltage</b>	<b>Wattage</b>	<b>Resistance</b>	<b>Amperage</b>
12 VDC	19	7.3 ohms	1.67 amps
24 VDC	21	28 ohms	0.85 amps
24/50	15	4.4 ohms	0.96 amps
110/50	15	103 ohms	0.20 amps
220/50	15	406 ohms	0.10 amps
24/60	14	4.2 ohms	0.90 amps
120/60	14	91 ohms	0.20 amps
240/60	14	383 ohms	0.10 amps

Tabla 2.3 Características técnicas de las  
electro-válvulas de la serie 35' de Snap-Tite

En la tabla anterior se puede observar que existe una parecida a la válvula usada, la misma que tiene similar voltaje pero mayor potencia, por lo que el valor de

<sup>1</sup> Tomado de las características generales de las electro-válvulas para la serie 35' de SNAP-TITE en la dirección electrónica: [www.snap-tite.com](http://www.snap-tite.com)

corriente especificado para esa válvula (0.85 A) se tomó como valor máximo en el diseño del circuito controlador de las electro-válvulas de la máquina.

Con el valor máximo de corriente que se va a manejar, y considerando que las características eléctricas que el microcontrolador posee no son suficientes para proveer la corriente necesaria a la electro-válvula para que pueda energizarse, se procedió a diseñar un circuito que provea la corriente necesaria para que se active.

La activación de la válvula se la puede conseguir con el siguiente diseño<sup>1</sup>, Figura 2.7.

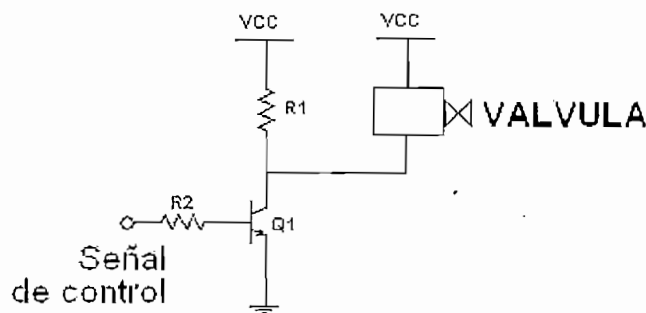


Figura 2.7 Circuito de activación de la electro-válvula

Para poder activar la electro-válvula se diseñó el circuito de tal manera que el transistor trabaje en las regiones de corte y saturación a manera de un interruptor. Para conseguir que la válvula se energice el transistor Q1 debe estar en saturación ( $V_{CE}=0$ ) como se puede observar en la Figura 2.7. En dicha situación, la corriente que circula entre colector y emisor se calcula de la siguiente manera:

$$I_c = \frac{V_{cc}}{R1} + I_{valvula} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Las electro-válvulas de la máquina se encuentran conectadas en un extremo a 24 voltios, por lo que el circuito de control debe mantener el otro extremo en 24 voltios para tener la válvula cerrada (desenergizada) y en cero voltios para abrirla

<sup>1</sup> Diseño tomado del libro de Boylestad, pág. 141.

(energizarla). La resistencia R1 se utiliza para mantener la referencia de 24 voltios en el extremo libre de la electro-válvula cuando no se la quiera energizar, y su valor fue asumido de  $1K\Omega$ .

Con el valor máximo de corriente de la electro-válvula, indicado en párrafos anteriores y con el valor de la resistencia R1, se calcula el valor de la corriente de saturación del transistor utilizando la ecuación 2.1.

Entonces,

$$I_c = \frac{24V}{1000\Omega} + 0.85 = 0.87A$$

Con este valor de corriente de colector se escogió el transistor ECG128P, el cual soporta una corriente de 1A y un voltaje Colector-Emisor  $V_{CE}$  de 80 voltios.

Cuando el transistor trabaja en la zona normal de operación, la corriente de base se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$I_B = \frac{I_c}{\beta} \quad \text{Ec. 2.2}$$

Debido a que en la zona de saturación  $\beta$  decrece, la corriente de base necesaria para asegurar que el transistor se encuentra en ésta zona se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_B \gg \frac{I_c}{\beta}$$

$$I_B = 10 * \frac{I_c}{\beta} \quad \text{Ec. 2.3}$$

Para el transistor seleccionado se tiene que  $\beta = 100$ , por lo que la corriente de base es:

$$I_B = 10 * \frac{0.87A}{100} = 87mA$$

Para poder darle la seguridad al microcontrolador por la corriente que se va a manejar, se procedió a aislar el circuito de fuerza con el circuito de control mediante un opto-acoplador, como se muestra en el diagrama de la Figura 2.8

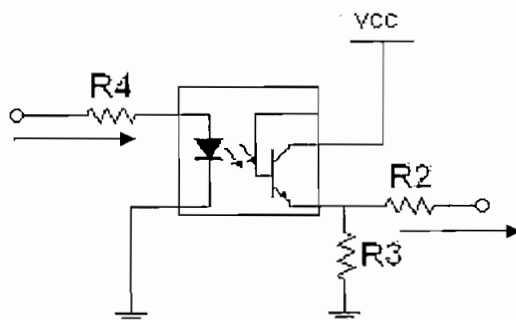


Figura 2.8 Diseño del circuito de acoplamiento entre el control y la activación de las válvulas.

El opto-acoplador no solo sirve para poder aislar el control del PIC de la etapa de activación de las electro-válvulas, sino también para el motor y los solenoides.

Tomando en consideración el circuito completo, incluyendo la etapa de fuerza se tiene el circuito de la Figura 2.9.

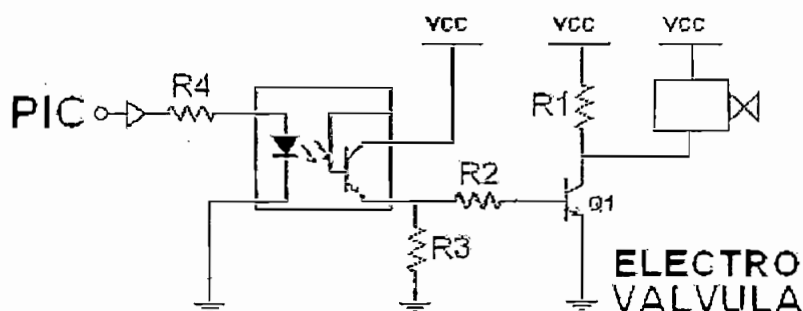


Figura 2.9 Acoplamiento del circuito de control con el circuito de fuerza.

Con el valor de corriente encontrado para la base del transistor Q1, se determina el valor de la resistencia R2 mediante la siguiente ecuación:

$$R2 = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{I_B} \quad \text{Ec. 2.4}$$

El voltaje  $V_{BE}$  corresponde a la juntura Base-Emisor del transistor que se comporta como un diodo polarizado directamente, es decir, que tiene un voltaje de 0.7 voltios. Por lo tanto:

$$R2 = \frac{24V - 0.7V}{87mA} = 267.8\Omega$$

$$R2 = 270\Omega \text{ (Valor Estándar)}$$

Asumiendo, para el diseño, una corriente de colector ( $I_{CO}$ ) en el fototransistor de 90mA, la corriente que circulará por la resistencia R3 se calcula con la siguiente expresión:

$$I_{R3} = I_{CO} - I_B \quad \text{Ec. 2.5}$$

Donde,

$$I_{R3} = I_{CO} - I_B$$

$$I_{R3} = 90mA - 87mA$$

$$I_{R3} = 3mA$$

Con este valor se tiene que:

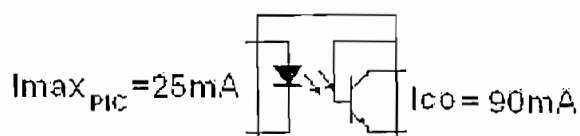
$$R3 = \frac{V_{cc}}{I_{R3}}$$

$$R3 = \frac{24V}{3mA}$$

$$R3 = 8000\Omega$$

$$R3 = 8.2K\Omega \text{ (Valor Estándar)}$$

Las características técnicas del microprocesador sugieren una corriente máxima de 25mA de salida en los canales, por lo que el opto-acoplador debe tener una tasa de transferencia de corriente de al menos 400%, considerando que se seleccionó una corriente de 90mA en el colector del mismo, esto se puede observar en la Figura 2.10 siguiente.



$$\text{Tasa de Transfencia} = \frac{I_{CO}}{I_{\max_{PIC}}} = 400\%$$

Figura 2.10 Tasa de transferencia Opto-acoplador

Considerando la corriente de colector y la tasa de transferencia se escogió el opto-acoplador ECG3082<sup>1</sup>, que se muestra en la Figura 2.11.

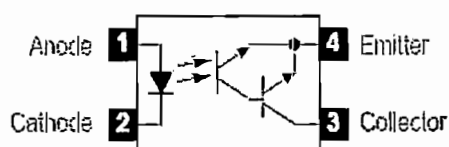


Figura 2.11 Opto-acoplador o Phototransistor

**Electrical Characteristics:** ( $T_A = +25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>Infrared Emitting Diode</b>						
Reverse Breakdown Voltage	$V_{(BR)R}$	$I_R = 10\mu\text{A}$	4	—	—	V
Forward Voltage	$V_F$	$I_F = 60\text{mA}$	—	—	1.7	V
Reverse Current	$I_R$	$V_R = 3\text{V}$	—	—	1.0	$\mu\text{A}$
Capacitance	$C_i$	$V = 0, f = 1\text{MHz}$	—	30	—	pF
<b>Phototransistor</b>						
Collector–Emitter Breakdown Voltage	$V_{(BR)CEO}$	$I_C = 1\text{mA}, I_F = 0$	30	—	—	V
Emitter–Collector Breakdown Voltage	$V_{(BR)ECO}$	$I_E = 100\mu\text{A}, I_F = 0$	7	—	—	V
Collector Dark Current	$I_{CEO}$	$V_{CE} = 10\text{V}, I_F = 0$	—	5	100	nA
Capacitance	$C_{ob}$	$V_{CE} = 5\text{V}, f = 1\text{MHz}$	—	5	—	pF
<b>Coupled Characteristics</b>						
DC Current Transfer Ratio	CTR	$I_F = 5\text{mA}, V_{CE} = 1.5\text{V}$	400	—	—	%
Collector–Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_F = 5\text{mA}, I_C = 2\text{mA}$	—	0.8	1.0	V
Isolation Resistance	$R_{IO}$	Input to Output Voltage = $500V_{DC}$ , Note 1	100	—	—	G $\Omega$
Input to Output Capacitance	$C_{IO}$	Input to Output Voltage = 0, $f = 1\text{MHz}$ , Note 1	—	0.5	—	pF
Turn–On Time	$t_{on}$	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 10\text{mA}, R_L = 100\Omega$	—	105	—	$\mu\text{s}$
		$V_{CE} = 5\text{V}, I_F = 10\text{mA}, R_L = 1\text{k}\Omega$	—	10	—	$\mu\text{s}$
Turn–Off Time	$t_{off}$	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 10\text{mA}, R_L = 100\Omega$	—	60	—	$\mu\text{s}$
		$V_{CE} = 5\text{V}, I_F = 10\text{mA}, R_L = 1\text{k}\Omega$	—	700	—	$\mu\text{s}$

Tabla 2.4 Características técnicas del Phototransistor NTE3082

<sup>1</sup> Datasheet NTE3082



Con la tasa de transferencia de 400%, la corriente que circula por el led del optoacoplador, suministrada por el PIC, se determina como sigue:

$$\frac{I_{CO}}{I_{PIC}} = 4$$

$$I_{PIC} = \frac{90mA}{4}$$

$$I_{PIC} = 22.5mA$$

Entonces la resistencia R4 se puede encontrar de la expresión:

$$R4 = \frac{V_{PIC} - V_{LED}}{I_{PIC}} \quad \text{Ec. 2.6}$$

Donde,

$$R4 = \frac{V_{PIC} - V_{LED}}{I_{PIC}}$$

$$R4 = \frac{5V - 0.7V}{22.5mA}$$

$$R4 = 191.1\Omega$$

$$R4 = 200\Omega \text{ (Valor Estándar)}$$

El circuito final diseñado es el siguiente:

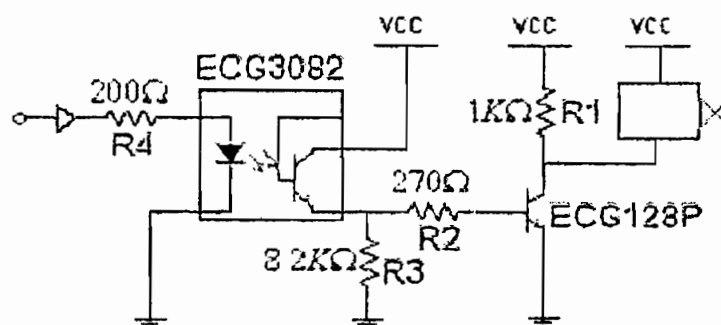


Figura 2.12 Circuito de Activación  
para las electro-válvulas

#### 2.4.4 DISEÑO DEL CIRCUITO PARA CONTROLAR LAS DOS VELOCIDADES DEL MOTOR

Se refiere al motor que mueve las doce bombas que inyectan los tintes.

En la máquina COLOR TREND, además del motor de DC, con datos de placa dados en la Tabla 2.5, se tiene un encoder acoplado al motor, cuya señal sirve para cuantificar el tinte dosificado por vuelta. Los datos de placa del encoder se muestran en la misma Figura:

Miller Manufacturing Fluid managment Limited Partnetship MOTOR/ENCODER ASSEMBLY	
P/N	63278
H.P.	1.0
CONT.	DUTY
VOLTAGE	120VDC
CURRENT	6.8 A.
ENCODER	
VOLTAGE	5VDC
CURRENT	8 mA.
S/N	011760

Tabla 2.5 Datos de placa del motor DC y del Encoder.

El motor se encuentra controlado por dos relés de estado sólido, uno para cada velocidad, y a su vez, estos relés de estado sólido se encuentran gobernados manualmente por switches de dos posiciones.

La tarjeta controladora trabaja en paralelo con los switches que energizan a los relés de estado sólido, mediante los contactos de dos relés de 24 VDC/120VAC que soportan en sus contactos hasta 10 amperios, lo cual satisface los requerimientos de corriente de los relés de estado sólido.

En la Figura 2.13 se puede observar el circuito de funcionamiento de las velocidades alta y baja del motor y dónde se aplica el control de la tarjeta.

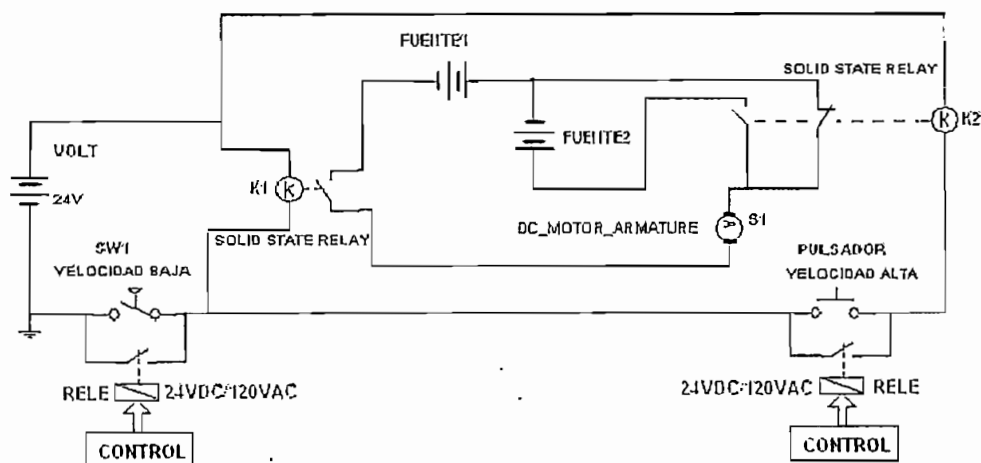


Figura 2.13 Circuito de manejo de las velocidades alta y baja.

De igual manera, existe un relé de estado sólido que gobierna los solenoides que rigen el movimiento de las aspas internas de los doce tanques, que contienen a los tintes de la máquina; el control del relé de estado sólido se lo realiza de igual manera que para el motor, es decir, en el switch que acciona manualmente dicho relé de estado sólido.

Entonces para realizar el control que permita manejar los switches de las dos velocidades del motor y de los solenoides, se tiene el circuito de la Figura 2.14 siguiente.

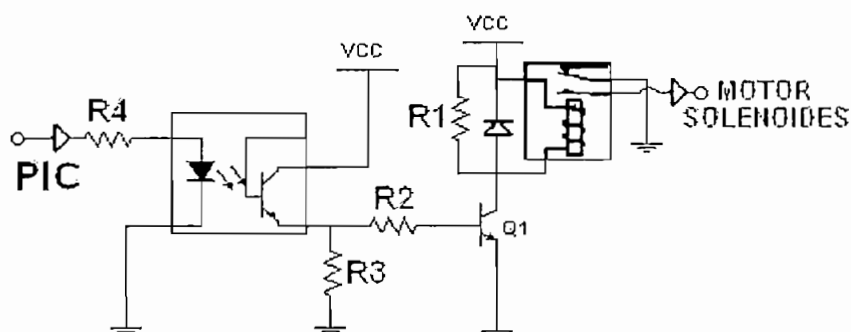


Figura 2.14 Circuito para el manejo del motor y solenoides

Para diseñar los elementos del circuito de la figura anterior, se procede de igual forma que lo diseñado para las electro-válvulas. El valor de la corriente que requiere la bobina del relé de 24 VDC para energizarse es de 10 mA. Este valor fue tomado de la práctica por no tener información del mismo. Se asumió un valor de R1 de 10 KΩ con lo que se tiene:

$$I_c = \frac{V_{cc}}{R1} + I_{RELE} \quad \text{Ec. 2.7}$$

Luego,

$$\begin{aligned} I_c &= \frac{V_{cc}}{R1} + I_{RELE} \\ I_c &= \frac{24V}{10K\Omega} + 10mA \\ I_c &= 12.4mA \end{aligned}$$

El transistor adicionalmente debe soportar un voltaje colector emisor de 24 voltios, por lo que se seleccionó el ECG123A.

Con el valor de la corriente de colector se puede llegar a encontrar el valor de la corriente de base necesaria para saturar al transistor mediante la ecuación 2.3, con esto se tiene que:

$$\begin{aligned} I_B &= 10 * \frac{I_c}{\beta} \\ I_B &= 10 * \frac{12.4mA}{200} \\ I_B &= 0.62mA \end{aligned}$$

Utilizando la ecuación 2.4 se encuentra el valor de la resistencia R2,

$$\begin{aligned} R2 &= \frac{V_{cc} - V_{BE}}{I_B} \\ R2 &= \frac{24V - 0.7V}{0.62mA} = 37580\Omega \\ R2 &= 39K\Omega \text{ (Valor Estándar)} \end{aligned}$$

Con el valor estándar de la resistencia R2, la corriente de la base del transistor será de 0.59 mA, la cual aún garantiza la saturación del transistor.

Asumiendo que por el colector del transistor en el opto-acoplador atraviesa una corriente de 5 mA, se tiene que por la resistencia R3, atravesará una corriente dado por la ecuación 2.5, este valor es:

$$\begin{aligned} I_{R3} &= I_{CO} - I_B \\ I_{R3} &= 5mA - 0.59mA \\ I_{R3} &= 4.41mA \end{aligned}$$

El valor de la resistencia R3 esta dado mediante la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} R3 &= \frac{V_{CC}}{I_{R3}} \\ R3 &= \frac{24V}{4.41mA} \\ R3 &= 5442\Omega \\ R3 &= 5.6K\Omega \text{ (Valor Estándar)} \end{aligned}$$

Dado que la corriente que atraviesa el transistor del opto-acoplador es de 5mA, se puede usar un dispositivo que tenga una tasa de transferencia de corriente del 100%, con lo que la corriente que entregaría el PIC sería igual que la corriente colector-emisor. Esto permite escoger el opto-acoplador ECG3041.

Con este valor de la corriente que entrega el PIC se puede calcular el valor de la resistencia R4 mediante la ecuación 2.6, de la forma siguiente:

$$\begin{aligned} R4 &= \frac{V_{PIC} - V_{LED}}{I_{PIC}} \\ R4 &= \frac{5V - 0.7V}{5mA} \\ R4 &= 860\Omega \\ R4 &= 820\Omega \text{ (Valor Estándar)} \end{aligned}$$

Los valores de los elementos para el circuito que controla la activación de las velocidades del motor y los solenoides se muestran en la Figura 2.15.

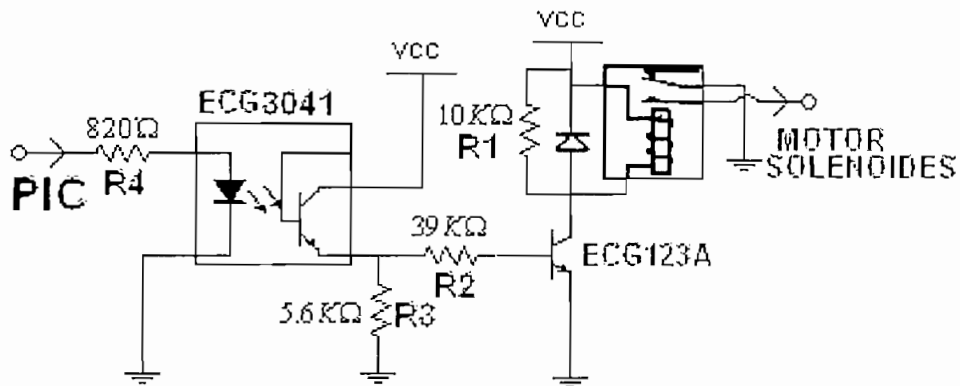


Figura 2.15 Circuito de activación  
Del motor y solenoides

#### 2.4.5 CIRCUITO PARA LA COMUNICACIÓN SERIAL

Para poder realizar la comunicación desde el computador hasta el microcontrolador se debe adaptar los voltajes del computador con los voltajes del microcontrolador, esto se debe a que el computador utiliza un protocolo de comunicación RS-232, en el cual una de sus características es usar -12 voltios para representar un 1 lógico y +12 voltios para representar un 0 lógico. Contrariamente, el microcontrolador trabaja con tecnología TTL, que significa que el micro transmite datos binarios con diferente voltaje, esto es, +5 voltios para representar un 1 lógico y 0 (cero) voltios para transmitir un 0 lógico.

Debido a la diferencia de voltajes en la transmisión de datos se usa un integrado que adapta el protocolo de comunicación RS-232 con TTL, este integrado es el MAX232, mostrado en la Figura 2.16.

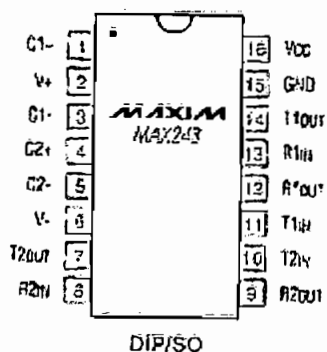


Figura 2.16 Adaptador de comunicación MAX232

La configuración que el fabricante<sup>1</sup> sugiere, para que la comunicación se pueda realizar, es la mostrada en la Figura 2.17 siguiente.

TOP VIEW

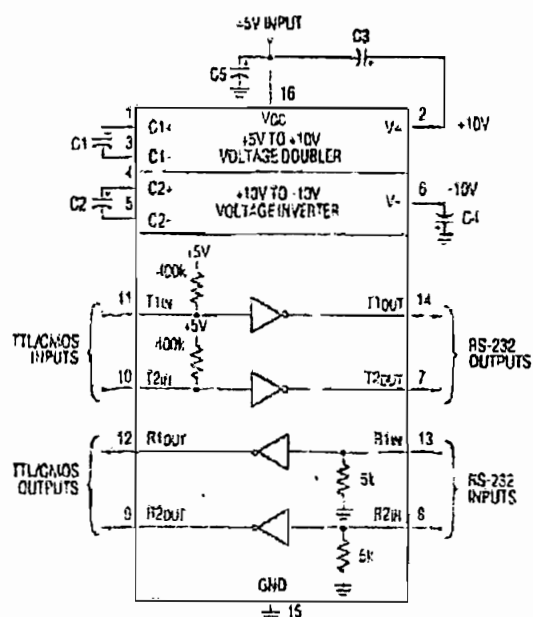
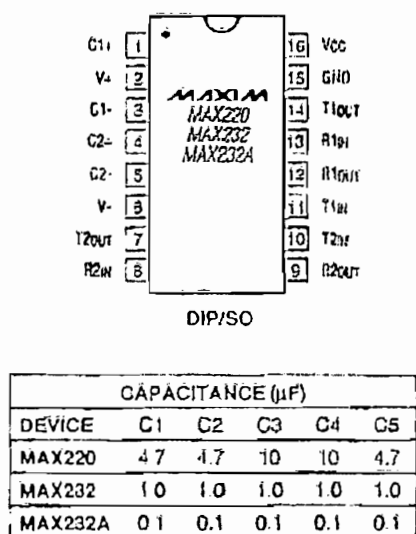


Figura 2.17 Configuración básica del MAX232

<sup>1</sup> Datasheet MAX232

### 2.4.6 CIRCUITO PARA LA ADECUACIÓN DE PULSOS

Para poder hacer la adecuación de los pulsos a la tarjeta controladora se debe conocer la naturaleza de los pulsos generados por el encoder.

El motor se encuentra acoplado a un encoder de 8 pulsos, este encoder está alimentado con un voltaje de +5 voltios. La señal de los pulsos, sin embargo, se encuentra referida a +5 V ya que existe un aislamiento que impide tomar la señal con respecto a tierra. Esta señal presenta un valor de -5 V cuando se detecta un orificio de la placa del encoder y 0 V cuando no se lo detecta, estos valores son medidos desde la referencia de +5V, por lo que dicha señal representa un problema para el circuito de control, debido a que el PIC solo reconoce pulsos referidos a 0 V y positivos. La señal de pulsos del encoder se aprecia en la Figura 2.18.

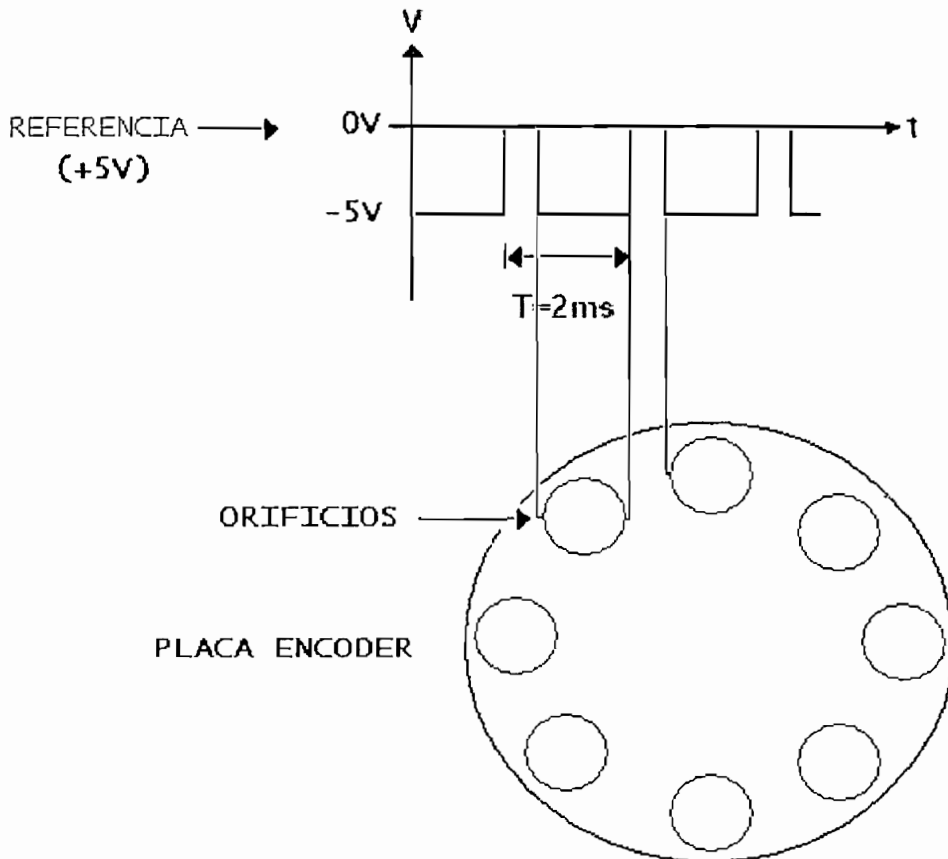


Figura 2.18 Generación de pulsos del Encoder



Para resolver este problema se procedió a invertir la señal de pulsos a través de un operacional. Esto permitió que la señal sea positiva pero continúe referida a +5V. Luego de esto, mediante un opto-acoplador, se cambió la referencia a GND. Es así que el diagrama del circuito utilizado en la adecuación de los pulsos es la mostrada en la Figura 2.19 siguiente:

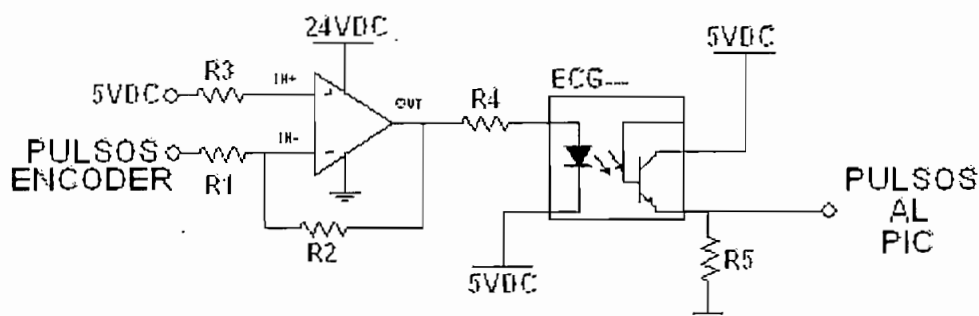


Fig. 2.19 Adecuación de los pulsos al microcontrolador.

Como ya se explicó, la primera etapa invierte la señal proveniente del Encoder, mediante un amplificador operacional trabajando como amplificador inversor de ganancia unitaria; como se conoce, la ganancia de un amplificador inversor es:

$$A_v = \frac{V_o}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1} \quad \text{Ec. 2.8}$$

Y cumpliendo con la ganancia del circuito se tiene que:

$$A_v = -\frac{R_2}{R_1} = -1$$

$$R_1 = R_2 = 2.2K\Omega$$

Adicionalmente, la resistencia R3 se colocó de  $22K\Omega$  y es usada para fijar el voltaje de referencia, que para este caso en particular es de 5 voltios, como se muestra en la Figura 2.19.

Considerando que la máxima corriente que el PIC admite en sus canales de entrada es de 25mA, se asumió un valor de 10mA. La corriente que soporta el transistor del opto-acoplador se asumió de 15mA. Esto significa que por la

resistencia R5 circula una corriente de 5 mA y su valor se calcula de la siguiente forma:

$$R5 = \frac{V_{cc}}{I_{R5}}$$

$$R5 = \frac{5V}{5mA}$$

$$R5 = 1000\Omega$$

$$R5 = 1K\Omega \text{ (Valor Estándar)}$$

Tomando en cuenta la tasa de transferencia de corriente en el opto-acoplador igual al 100% se tiene que la corriente que circula por el led del dispositivo es la misma que la de colector-emisor, de esta manera se puede dimensionar el valor de la resistencia R4 dado por la ecuación 2.9 siguiente:

$$R4 = \frac{V_O - V_{LED}}{I_B} \quad \text{Ec. 2.9}$$

Por lo que se tiene,

$$R4 = \frac{V_O - V_{LED}}{I_B}$$

$$R4 = \frac{5V - 0.7V}{15mA}$$

$$R4 = 286\Omega$$

$$R4 = 270\Omega \text{ (Valor Estándar)}$$

El circuito final de acondicionamiento de los pulsos es el siguiente, Figura 2.20.

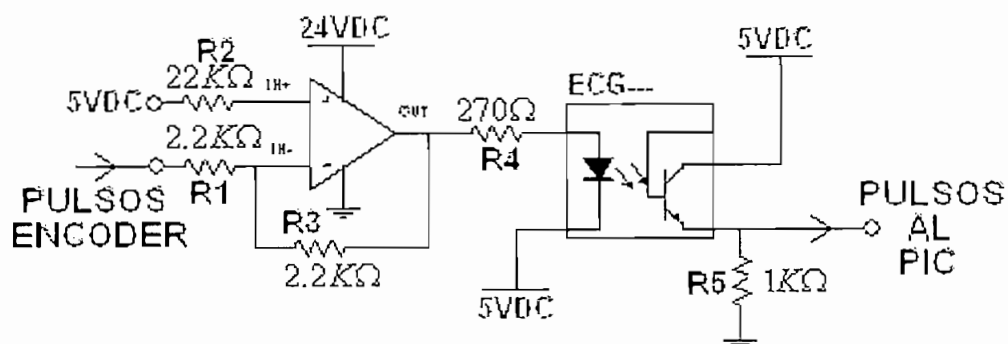


Figura 2.20 Circuito de acoplamiento de pulsos al PIC

## 2.5. CIRCUITO TOTAL DE LA TARJETA CONTROLADORA

El diseño completo del hardware se puede observar en el diagrama de la Figura 2.21 siguiente:

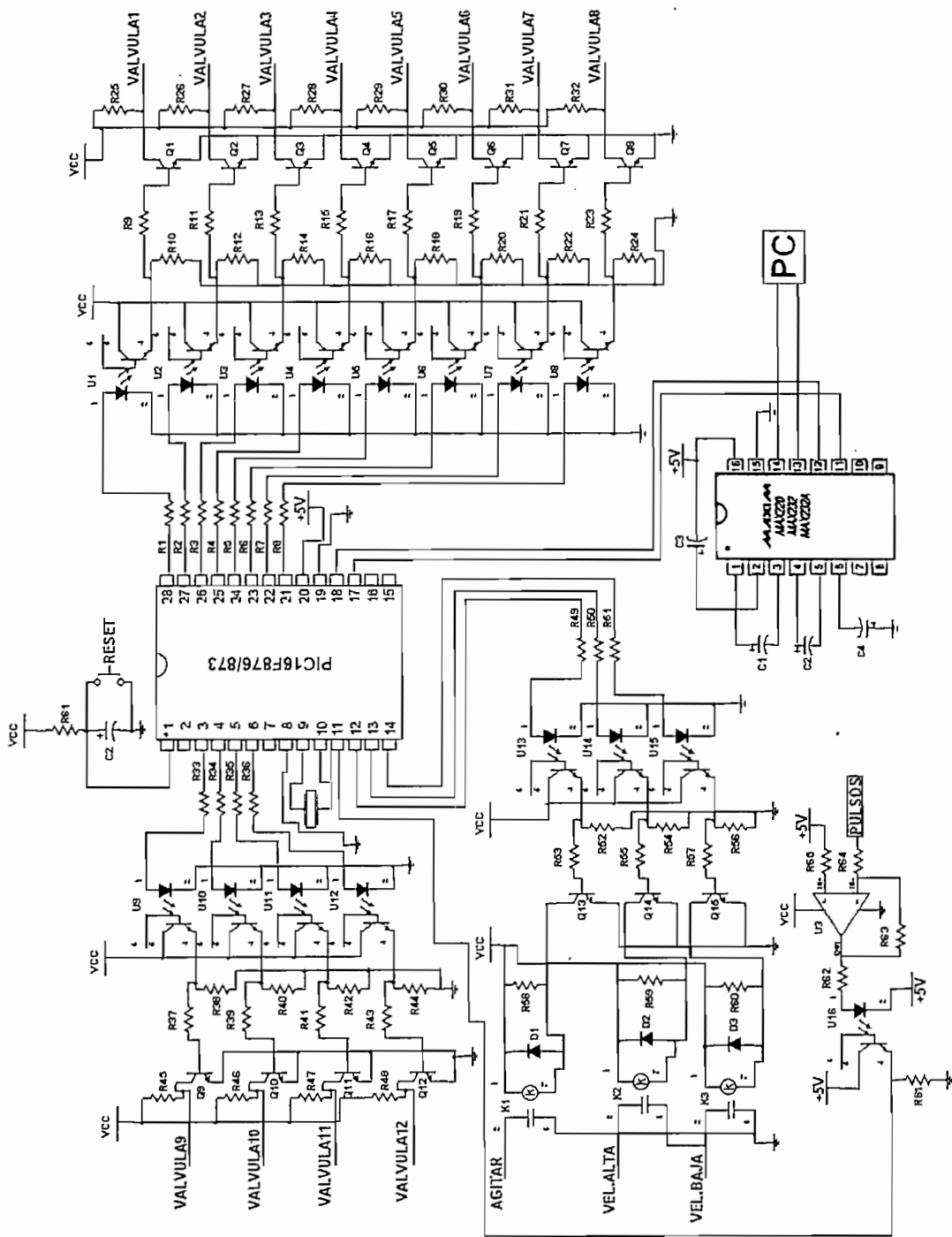


Figura 2.21. Diagrama del hardware del sistema de control.

En el presente capítulo se desarrollaron los diseños de los circuitos que serán utilizados por el sistema de control para gobernar los periféricos de la máquina. En el siguiente capítulo se analizará, en cambio la manera en la que el microprocesador y la HMI generan las señales eléctricas necesarias para ejercer control sobre estos circuitos al analizar el diseño del SOFTWARE del sistema.

## **CAPITULO TRES**

### **DISEÑO Y DESARROLLO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA**

### 3.1 INTRODUCCION.

El SOFTWARE es el complemento del circuito de control cuyo diseño y construcción se describió en el Capítulo dos. Básicamente, el software de soporte es el encargado de interpretar los comandos ingresados por el usuario y convertirlos en órdenes que controlarán al HARDWARE del sistema. Se divide básicamente en dos partes; el software desarrollado para el microprocesador y el software que constituye la HMI del usuario.

Para cumplir con los requerimientos de Pinturas Cóndor, en cuanto a las características que debe tener la máquina dosificadora, el software fue desarrollado para permitir a la máquina formar parte del proceso de fabricación de pinturas a gran escala, manteniendo al mismo tiempo las opciones básicas que la máquina poseía en su diseño original.

En resumen, el programa de la HMI es el encargado de recibir las órdenes ingresadas por el operador, procesarlas y convertirlas en comandos que se enviarán hacia el microcontrolador. El microprocesador, en cambio, tiene como función recibir y entender los datos que le envía la HMI y materializar las acciones correspondientes, para controlar los periféricos que fueron identificados en el Capítulo 1 y que para mejor explicación se repiten en la Figura 3.1.

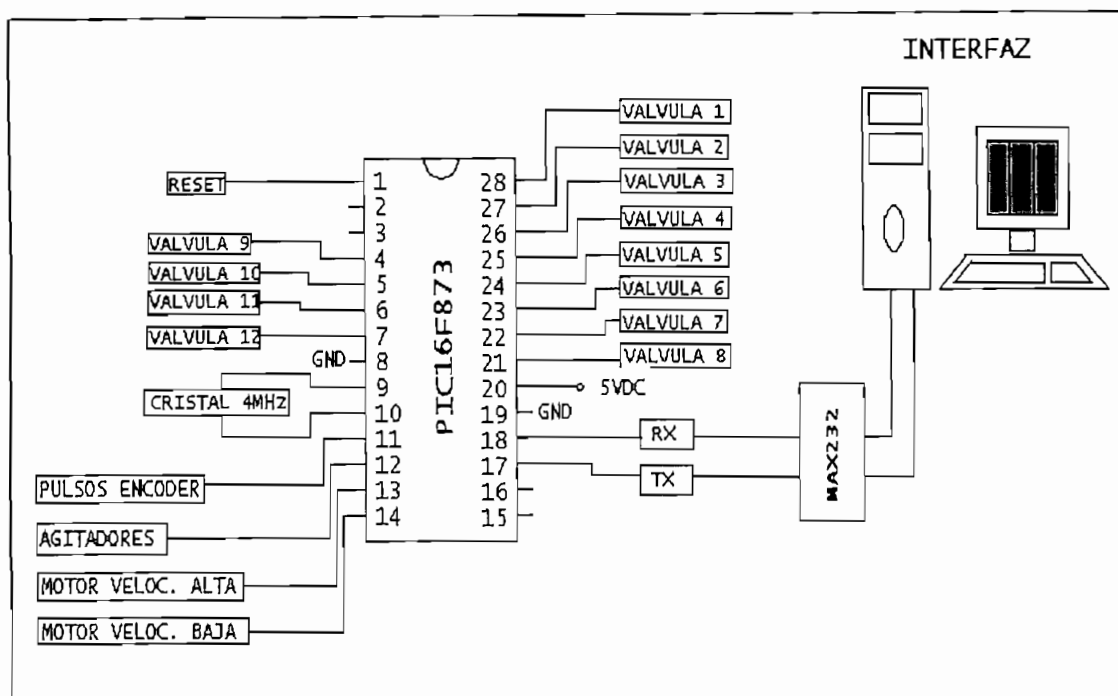


Figura 3.1 Vista General del Sistema de Control

### 3.2 FUNCIONES DEL SOFTWARE.

El software del sistema debe permitir al usuario;

- Fabricar colores pre-establecidos,
- Crear colores nuevos, y
- Ejecutar opciones adicionales.

Para lograr este objetivo, los programas del microprocesador y de la HMI utilizan varios registros especiales creados específicamente para la aplicación y que llevan la información de la acción que el usuario desea realizar desde la HMI hacia el PIC, para que este último ejecute la acción sobre los periféricos de la máquina.

El flujo de información de la HMI hacia el microprocesador se muestra en la Figura 3.2.



## HMI

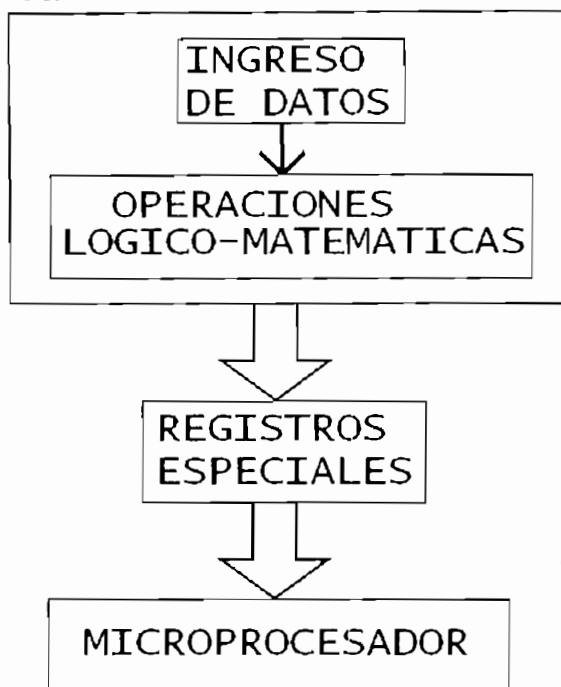


Figura 3.2 Flujo de información entre programas.

### 3.2.1 DESCRIPCION DE LAS FUNCIONES DEL SOFTWARE.

#### 3.2.1.1 Elaboración de colores Pre-establecidos y Nuevos.

La fabricación de colores constituye el objetivo principal del sistema de control. El software deberá permitir al operador seleccionar entre una gama de colores pre-establecidos el color deseado, o crear su propio color si sus necesidades son diferentes.

Un color consta de varios tintes en diferentes proporciones, y esta información se une en la denominada FORMULA DEL COLOR. Esta fórmula deberá almacenarse en la PC donde reside la HMI, ya sea para colores pre-establecidos o para colores nuevos que creará el operador.

Para la fabricación de un color el software del sistema debe determinar los datos de:

- Los tintes involucrados en la fabricación del color seleccionado.
- La cantidad necesaria de cada uno de los tintes.
- Si la cantidad de tinte que tiene la máquina en sus tanques es suficiente para alcanzar el color requerido en el volumen solicitado por el usuario.
- El orden de cierre de las válvulas.

Luego de recibir la información necesaria, el sistema empieza la dosificación, al mismo tiempo, de todos los tintes que forman parte del color seleccionado, para luego, ir cerrando las válvulas de los tintes que van cumpliendo con la cantidad pertinente.

En la creación de colores, el usuario selecciona los tintes y los porcentajes de los mismos. De los doce tintes con los que cuenta la máquina, el operador puede seleccionar un máximo de 8 tintes si usa la línea Arquitectónica y 4 si usa la línea Decorlac.

### **3.2.1.2 Ejecución de Opciones adicionales.**

La máquina COLORTREND posee varias opciones adicionales que ayudan de una u otra manera a la fabricación de colores. El software del sistema diseñado permite al operador realizar estas opciones cada vez que éste lo considere conveniente.

Las opciones adicionales son las siguientes:

- Agitar los tintes.
- Purgar los tintes.
- Calibrar las bombas.
- Dosificar tintes individualmente.
- Mostrar los niveles de los tanques, y,
- Modificar las densidades de los tintes.

#### *3.2.1.2.1 La opción Agitar los Tintes.*

Por tratarse de tintes, la opción de agitar los tanques es esencial, para evitar que se solidifiquen las pastas al permanecer mucho tiempo en reposo.

Cuando el operador solicita al sistema realizar esta opción, se enciende tanto el agitador interno de cada uno de los doce tanques, como el motor que impulsa a las bombas mientras se mantiene todas las válvulas cerradas, con lo que se logra la agitación y recirculación de los doce tintes.

Esta tarea dura 2 minutos y el sistema la debe ejecutar;

- \* Cada vez que se resetea el sistema.
- \* Cuando el usuario la requiere a través de la HMI, y
- \* De manera repetitiva, cada 15 minutos, mientras nadie manipule el sistema.

#### *3.2.1.2.2 La opción Purgar los Tintes.*

Esta opción se la realiza con la finalidad de destapar el dispensador, ya que puede obstruirse con los restos de tinte de dosificaciones anteriores.

La purga de los tintes consiste en dosificar, durante un segundo, uno por uno los doce tintes que posee la máquina. Esta tarea se la debe efectuar preferiblemente antes de fabricar un color para evitar fallas en el mismo debido a residuos que pueden quedar de otros tintes o por obstrucción de uno o varios tintes que intervienen en la fórmula

#### *3.2.1.2.3 La opción Calibrar Bombas.*

Cada una de las doce bombas tiene su propio valor de calibración, que se refiere a la cantidad de tinte que puede impulsar una bomba hacia el dosificador por cada revolución del motor. Puesto que un motor o una bomba están expuestos a desgaste, esta opción permite al usuario compensar el desgaste natural,

modificando el valor que guarda el sistema de la cantidad de tinte por revolución que da el motor.

Para calibrar una bomba se sigue el siguiente procedimiento:

- *Selección de la bomba:* El operador selecciona la bomba que desea calibrar por medio de la HMI, la cual, envía la información de la bomba seleccionada hacia el microprocesador.
- *Dosificar el tinte seleccionado:* Una vez que el sistema conoce la bomba que se desea calibrar, purga el tinte durante 3 segundos para evitar fallas en el proceso, luego de lo cual, dosifica el tinte durante un tiempo preestablecido (600 revoluciones del motor), cantidad que debe ser recogida y pesada por el operador con la mayor exactitud posible.
- *Adquisición del peso dosificado:* El operador es el responsable de pesar el tinte dosificado e ingresarlo al sistema a través de la HMI, con lo cual se obtiene el valor de calibración que es fundamental para la precisión del sistema.

#### *3.2.1.2.4 Dosificar tintes individualmente.*

El sistema brinda la oportunidad de dosificar un solo tinte con el peso indicado por el usuario a través de la HMI, para lo cual sigue el mismo procedimiento de la elaboración de colores, con la diferencia de que en este caso se trabaja solo con una válvula.

#### *3.2.1.2.5 Mostrar los Niveles de los tanques.*

Es importante para el usuario conocer siempre la cantidad de tinte con la que cuenta en los tanques de la máquina. Mediante esta opción se pueden conocer los pesos en kilogramos de los doce tintes cada vez que se desee.

Cuando se selecciona esta opción, el microprocesador no realiza ninguna acción sobre los periféricos de la máquina.

#### *3.2.1.2.6 Modificar densidades de los tintes.*

El sistema ha sido concebido para trabajar en base a peso, por lo que las densidades de los tintes que son utilizados no representan un dato importante dentro del sistema de control, ya que las fórmulas están en peso y todas las pantallas han sido diseñadas para que trabajen con pesos en lugar de volúmenes. Por esta razón se presenta las densidades al usuario únicamente como información adicional.

Esta opción permite modificar los valores de densidades que se encuentran en memoria cuando el fabricante de los tintes así lo indique.

### **3.2.2 DESCRIPCION DE ALGUNOS REGISTROS ESPECIALES.**

Algunos de los registros especiales más importantes dentro del software se describen a continuación:

#### **3.2.2.1 Registros VALVULA1 y VALVULA2.**

Estos dos registros sirven para identificar cada uno de los doce tintes; es decir, llevan la información de las válvulas que el microprocesador debe abrir de acuerdo a los requerimientos del usuario, ya sea para fabricar colores o en alguna de las opciones adicionales.

El registro VALVULA1 controla las primeras 8 válvulas, a cada una de las cuales le corresponde un bit diferente dentro del registro, y el registro VALVULA2 controla a las 4 válvulas restantes, como puede observarse en las Figuras 3.3 y 3.4.

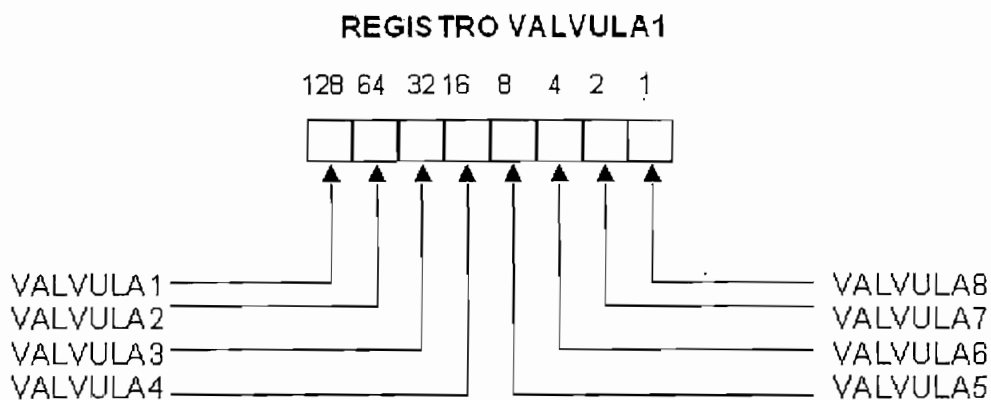


Figura 3.3 Disposición del Registro VALVULA1

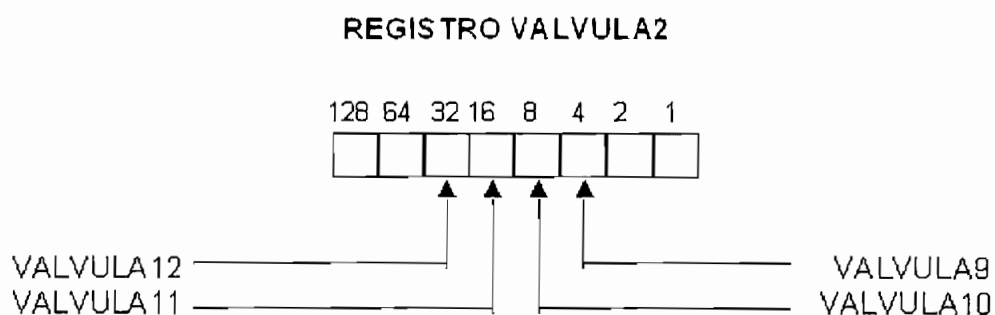


Figura 3.4 Disposición del Registro VALVULA2

La disposición de las válvulas en los registros VALVULA1 y VALVULA2, corresponde a la distribución física de las mismas en los puertos del microprocesador, en donde, las primeras 8 válvulas se encuentran en el PUERTO B y las cuatro restantes en el PUERTO A, como puede observarse en la Figura 3.1.

### 3.2.2.2 Registros PULSOS TINTEx.

Es un conjunto de tres registros que sirven para indicar la cantidad en la que fue requerido un determinado tinte ya sea individualmente o dentro de la fórmula de un color.

Como se analizó en el Capítulo 2, el motor eléctrico que impulsa las bombas, tiene acoplado un ENCODER que emite una señal de 8 pulsos por cada

revolución del motor. El microprocesador cuenta el número de pulsos y almacena este valor mientras se está dosificando uno o varios tintes. Por esta razón, para poder realizar una comparación entre la cantidad solicitada de un tinte y la cantidad de tinte que está siendo dosificada se necesita que el parámetro de cantidad solicitada del tinte esté expresado en “número de pulsos”.

Internamente, el CONTADOR de pulsos externos del microprocesador usa únicamente dos registros de ocho bits por lo que el número máximo de pulsos que podría contar sería:

$$2^{16} = 65536$$

Esto significa que el número máximo de vueltas del motor que podría contar sería 8192. Si se considera que el motor gira a 3600 revoluciones por minuto cuando se usa la velocidad alta, entonces el contador de pulsos solo podría dosificar un máximo de 2.28 minutos y luego se desbordaría.

Por esta razón ha sido implementado un tercer registro de ocho bits que se incrementa en uno cada vez que se desborda el CONTADOR completo de dieciséis bits. Con este nuevo registro el número máximo de pulsos que el sistema puede contar es:

$$2^{24} = 16777216$$

Este valor equivale a 2097152 revoluciones del motor, por lo cual el tiempo máximo de dosificación de un tinte con este nuevo registro es de 582.54 minutos. No se puede hablar de la cantidad máxima de tinte que el sistema puede dosificar ya que eso depende directamente de la calibración que tenga la bomba que se esté analizando, pero de todas maneras, este es un tiempo relativamente grande que disminuye la probabilidad de que la cantidad requerida de tinte para un color no pueda ser satisfecha por la máquina. Se pensó en este problema principalmente porque la máquina va a ser usada en planta donde se tinturan volúmenes de hasta 11000 litros.

Resumiendo, la HMI expresa la cantidad en kilogramos de tinte que selecciona el usuario en "número de pulsos", mediante tres registros, los mismos que son enviados al PIC para ser comparados con los tres registros del contador de pulsos del PIC durante la dosificación de ese tinte.

Es entonces al conjunto de los tres registros que envía la HMI al que se denomina PULSOS TINTE<sub>x</sub>.

La HMI envía este conjunto de tres registros, por cada tinte que deba dosificar la máquina, es decir, si se trata de un color que posee cuatro tintes, la HMI deberá enviar hacia el PIC cuatro conjuntos de tres registros, los cuales serán llamados PULSOS TINTE1, PULSOS TINTE2, PULSOS TINTE3 y PULSOS TINTE4. En el caso de dosificar tintes individuales, solo es necesario un conjunto de tres registros ya que solo se puede dosificar un tinte a la vez, por esta razón, en la opción DOSIFICAR TINTES el conjunto siempre será llamado PULSOS TINTE1.

### **3.2.2.3 Registro PRIORIDAD.**

Se refiere al orden de cierre de las válvulas mientras se están dosificando los tintes de un color. Como se explicó anteriormente, al fabricar un color todos los tintes son dosificados al mismo tiempo, pero de ellos unos deben ser dosificados durante más tiempo que otros. Al orden en que los tintes van cumpliendo con las cantidades en que fueron solicitados se denominó PRIORIDAD.

De esta manera, al tinte que menos pulsos del Encoder requiera se le asigna la PRIORIDAD igual a 1, al siguiente la PRIORIDAD igual a 2, y así sucesivamente hasta llegar al tinte que necesita la mayor cantidad de pulsos. El número máximo de tintes que pueden formar parte de un color es 8 (Línea Arquitectónica) por lo que el número máximo de Prioridades que puede asignar el sistema es también de 8.

De esta manera se van cerrando las válvulas una por una desde la que tiene Prioridad 1 hasta la que tiene la mayor Prioridad, para alcanzar la cantidad requerida de todos los tintes. El microprocesador sabe cuando se completó el



color, ya que cada vez que se cumple con la cantidad de un tinte chequea sus puertos para saber si aún quedan válvulas abiertas. Si ese es el caso, busca el tinte de la siguiente PRIORIDAD, si ya no existe otra válvula con mayor prioridad significa que el color ya fue alcanzado.

La HMI, luego de enviar hacia el microprocesador el conjunto PULSOS TINTE<sub>x</sub> de un determinado tinte, envía su PRIORIDAD y procede de igual manera para todos los demás tintes que formen parte del color.

Para la opción DOSIFICAR TINTES, la Prioridad siempre será igual a 1 ya que solo se puede dosificar un tinte a la vez.

La Figura 3.5 muestra como dosifica el sistema un color de 4 tintes utilizando las prioridades.

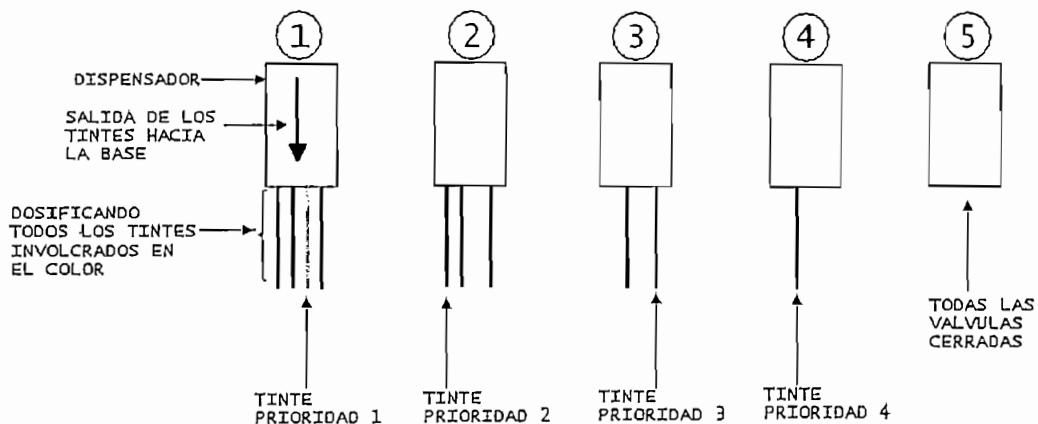


Figura 3.5 Prioridades de los tintes.

#### 3.2.2.4 Registro CONFIRMACION DE NIVEL.

Es un registro mediante el cual la HMI confirma si las cantidades requeridas por el operador son factibles de alcanzar, y se lo utiliza para determinar si es posible dosificar tintes.

Existe una restricción en la HMI que impide que se empiece a dosificar los tintes de un determinado color si la cantidad de tinte con la que cuenta la máquina en

los tanques es insuficiente. Por tal razón, antes de que se inicie el proceso de elaboración, el sistema compara las cantidades solicitadas con las cantidades en los tanques y solo si las cantidades pueden ser satisfechas se procede a enviar los parámetros de elaboración hacia el microprocesador. Esto se logra enviando antes de iniciar la dosificación, un registro de CONFIRMACION DE NIVEL hacia el PIC, el mismo que puede tener dos valores; uno para informar que los niveles son suficientes, y otro que informa al PIC que no existe suficiente tinte en los tanques.

Todos los registros antes analizados son necesarios cada vez que se desea dosificar un tinte ya sea dentro de un color o individualmente y la HMI debe enviarlos hacia el PIC en el siguiente orden:

- Confirmación de Nivel.
- Registros Válvula 1 y Válvula 2.
- Luego, para cada uno de los tintes involucrados:
  - Conjunto PULSOS TINTE<sub>x</sub> (3 registros)
  - Registro Prioridad.

### **3.3 DISEÑO DEL SOFTWARE DE LA HMI.**

La interfaz con el usuario (HMI) fue diseñada en el programa LabVIEW de National Instruments. La HMI es la que le permite al usuario ejecutar las funciones anteriormente descritas.

A continuación, en la Figura 3.6, se presenta un diagrama general con la secuencia que siguen las pantallas en el programa. Las líneas rojas muestran como se regresa de cada una de las pantallas a la pantalla principal y los cuadros rojos representan los mensajes de error que aparecen cuando el usuario manipula incorrectamente la HMI.

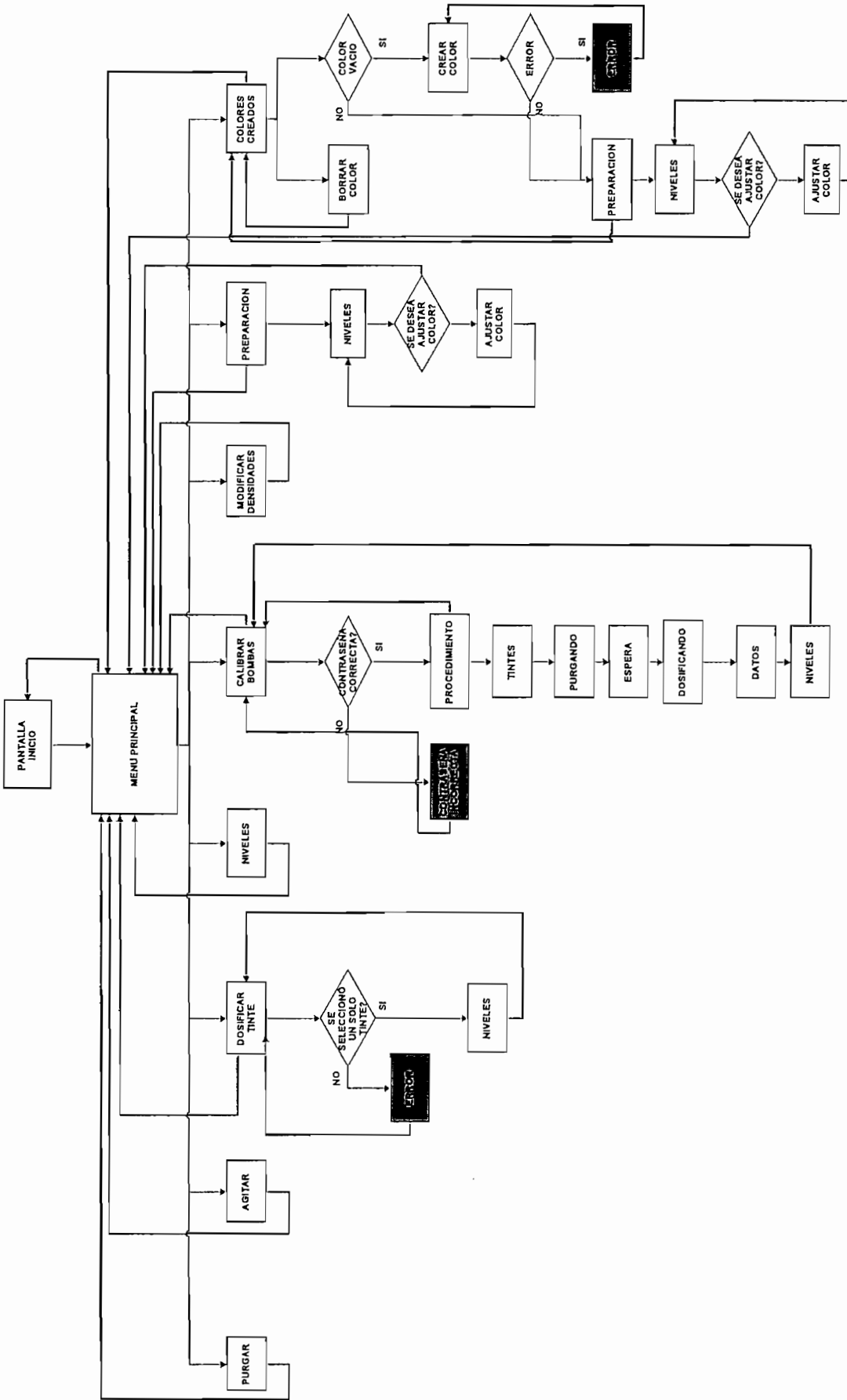


Figura 3.6 Secuencia de Pantallas en el programa

### 3.3.1 PANTALLA INICIO.

Esta pantalla se despliega cada vez que arranca la HMI, en ella se muestran el nombre del proyecto y la empresa a la que pertenece. Su objetivo principal es evitar que personas no autorizadas manipulen la máquina ya que posee una restricción de acceso por medio de un PASSWORD.

El diseño de la pantalla INICIO, se muestra en la Figura 3.7 a continuación.



- 1.- NOMBRE DEL PROYECTO.
- 2.- EMPRESA EN LA QUE VA A FUNCIONAR.
- 3.- PASSWORD DE INGRESO AL SISTEMA.
- 4.- BOTON INICIO.
- 5.- BOTON SALIR.
- 6.- DISEÑADORES DEL SISTEMA DE CONTROL.

Figura 3.7 Pantalla INICIO

Adicionalmente, es importante señalar que cada vez que arranca la HMI, confirma que la tarjeta de control se encuentre conectada correctamente, con la finalidad de evitar que el usuario pueda ingresar a las pantallas de manipulación de la máquina cuando existe un problema en la comunicación entre la tarjeta de control

y la HMI. Esto se realiza en el programa de la pantalla INICIO, enviando un código vía serial hacia el microprocesador. Si la tarjeta se encuentra correctamente conectada el mismo código es devuelto hacia la HMI, luego de lo cual se permite al usuario ingresar a las pantallas de la HMI, previo el ingreso del PASSWORD correcto, caso contrario se presenta una pantalla de error al usuario y el programa automáticamente se cierra.

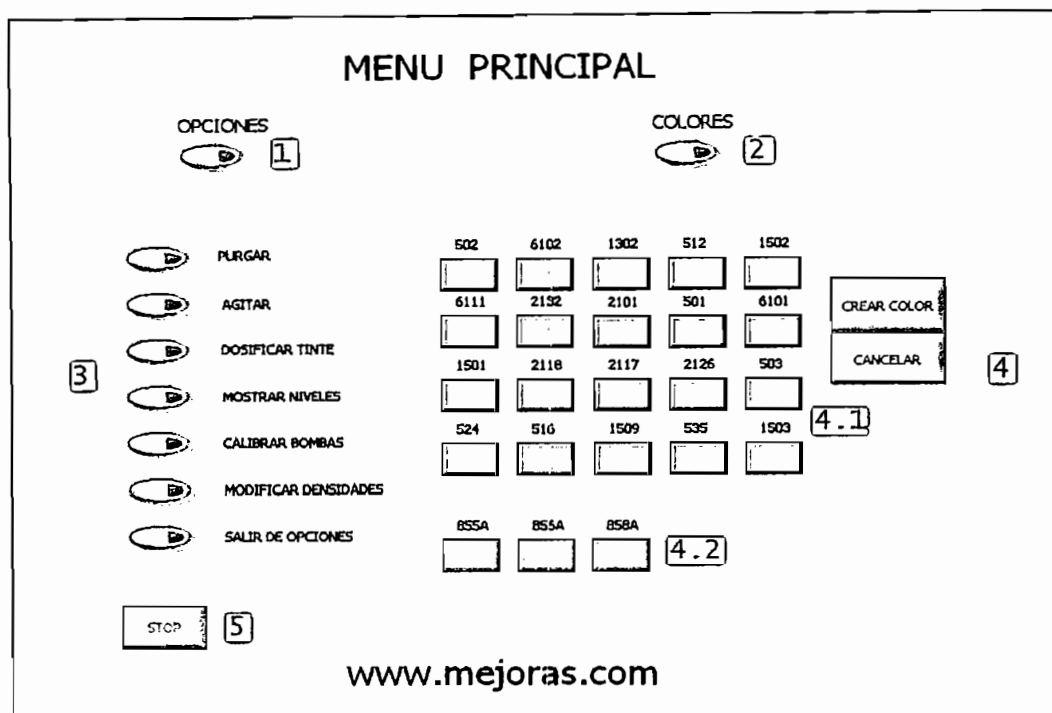
### **3.3.2 MENU PRINCIPAL**

Cuando no existen problemas en la comunicación entre la HMI y la tarjeta de control y el usuario ingresó la clave correcta en la pantalla INICIO, se muestra la pantalla MENU PRINCIPAL. Esta pantalla presenta al operador todas las opciones que pueden realizarse con la máquina y además todos los colores preestablecidos.

El bloque de OPCIONES se encuentra separado del bloque de COLORES y el operador debe primero pulsar el botón correspondiente al bloque que desee para luego elegir una opción o un color.

El programa de esta pantalla se encuentra esperando que el operador seleccione OPCIONES o COLORES y si otro botón es pulsado el programa no realiza ninguna acción. Una vez que se ha seleccionado un bloque de opciones, el programa espera que se elija un comando del bloque seleccionado en un lazo del cual solo se puede salir eligiendo un comando o pulsando los botones CANCELAR para el bloque de colores o SALIR DE OPCIONES para el bloque de opciones.

La apariencia de la pantalla MENU PRINCIPAL se aprecia a continuación en la Figura 3.8.



- 1.- BOTON OPCIONES.
- 2.- BOTON COLORES.
- 3.- BLOQUE DE OPCIONES.
- 4.- BLOQUE DE COLORES.
  - 4.1 COLORES PREESTABLECIDOS LINEA ARQUITECTONICA.
  - 4.2 COLORES PREESTABLECIDOS LINEA DECORLAC.
- 5.- BOTON SALIR PARA REGRESAR A LA PANTALLA INICIO.

Figura 3.8 Pantalla MENU PRINCIPAL

El botón STOP de la pantalla MENU PRINCIPAL sirve para regresar a la pantalla INICIO cuando se desea cerrar el programa.

### 3.3.2.1 Bloque de Opciones.

Como muestra la Figura 3.8, la pantalla de MENU PRINCIPAL tiene todos los accesos a las opciones que fueron analizadas en el numeral 3.2.1.2.

Luego de que el operador pulsó el botón OPCIONES y seleccionó una opción de la lista, el programa despliega la pantalla correspondiente a la opción escogida. A continuación se detallan las acciones que realiza la HMI para ejecutar cada una de las opciones.

### 3.3.2.1.1 *La opción Agitar.*

Cuando se selecciona AGITAR, el programa procede con la orden, enviando el código correspondiente al microprocesador para que se ejecute la acción, y en la HMI aparece una pantalla (Figura 3.9) que le indica al tinturador que el sistema está agitando los tintes. Esta pantalla aparece durante 2 minutos, que es el tiempo que se demora el programa en agitar los tintes, y luego desaparece desplegando nuevamente el Menú Principal.



Figura 3.9 Indicación al Usuario de que los tanques están siendo agitados.

### 3.3.2.1.2 *La opción Purgar.*

De igual manera, si la opción PURGAR es seleccionada la HMI envía el código correspondiente hacia el PIC para que inicie la purga de los tintes. Esta tarea tarda aproximadamente 15 segundos, tiempo durante el cual aparece una pantalla que le indica al operador que el sistema está purgando los tintes. De la Figura 3.10, transcurridos 15 segundos, la HMI regresa al Menú Principal, dejando el sistema listo para la próxima acción que desee ejecutar el usuario.

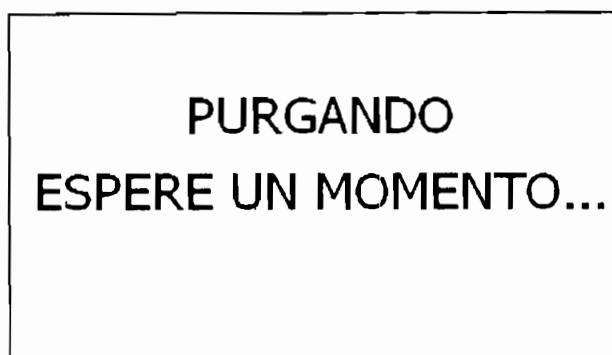


Figura 3.10 Indicación al Usuario de que el sistema está purgando los tintes.

### 3.3.2.1.3 Mostrar Niveles.

A esta pantalla se puede ingresar presionando el botón MOSTRAR NIVELES en la pantalla Menú Principal, luego de haber pulsado OPCIONES. Las características de esta pantalla se muestran en la Figura 3.11 siguiente:

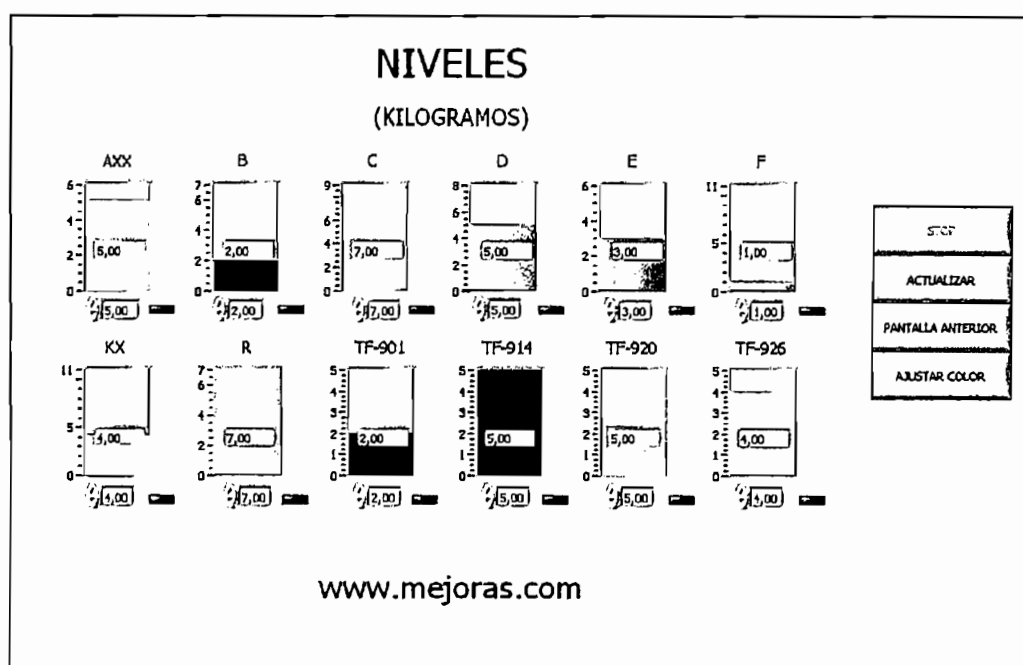


Figura 3.11 Niveles de los tanques

Como muestra la Figura 3.11, el usuario tiene la posibilidad de conocer los niveles de los doce tanques por medio del gráfico y de indicadores que muestran un valor más exacto del nivel.



Además cada recipiente tiene un controlador que permite aumentar o disminuir la cantidad de tinte cuando los tanques han sido llenados o cuando por alguna razón se tuvo que sacar tinte de los tanques. Esta acción se la realiza manipulando el controlador y colocándolo en el nuevo valor y pulsando luego el botón ACTUALIZAR con lo cual todos los recipientes adoptan el valor que tiene su respectivo controlador.

Luego de examinar o cambiar el valor de los niveles el operador puede regresar a la pantalla principal pulsando el botón PANTALLA ANTERIOR.

#### 3.3.2.1.4 Calibrar Bombas.

Esta opción puede ser invocada por el usuario cada vez que él lo estime conveniente. El interesado debe seleccionar primero la opción CALIBRAR BOMBAS en la pantalla Menú Principal, luego de haber primeramente pulsado el botón OPCIONES. Al hacerlo, una pantalla (Figura 3.12) que muestra las calibraciones de todas las bombas es desplegada al usuario, por lo tanto cualquier persona está en capacidad de observar los valores actuales de calibración de las doce bombas.

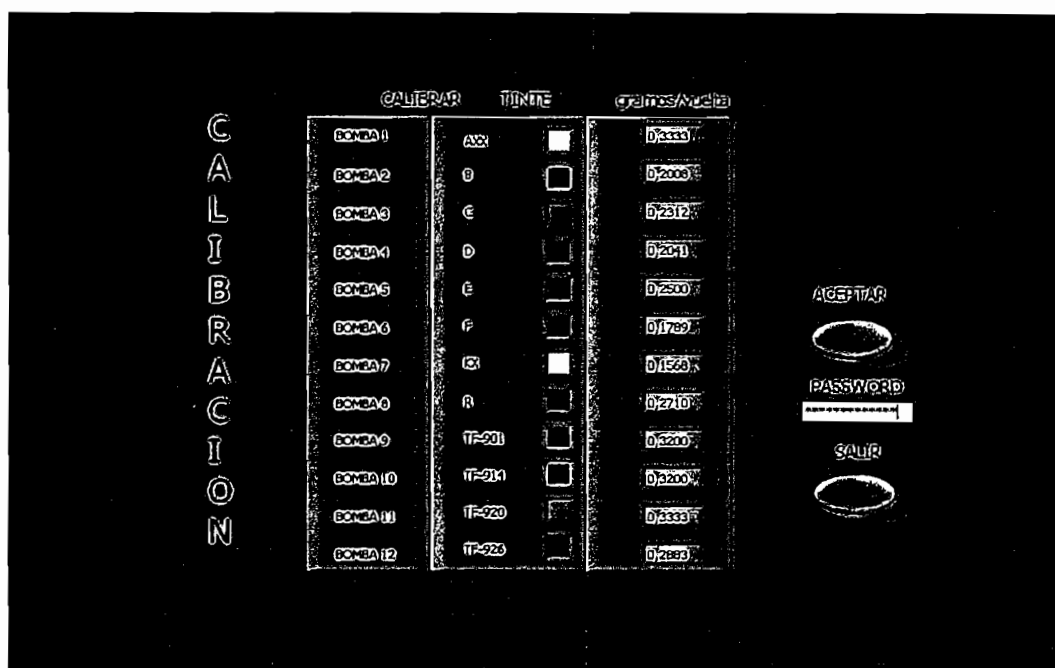


Figura 3.12 Pantalla de calibraciones de las bombas

Cabe señalar que la pantalla CALIBRAR muestra las calibraciones en gramos por vuelta para evitar que se muestren valores con un excesivo número de decimales, sin embargo, en todos los cálculos donde intervienen los valores de calibración de las bombas dentro del programa de la HMI se trabaja con el valor en kilogramos de tinte por vuelta.

Para cambiar la calibración de una bomba el operador debe introducir una clave de acceso, lo que impide que personas no autorizadas manipulen el valor de las calibraciones del sistema.

Se puede regresar de esta pantalla a la pantalla principal presionando el botón CANCELAR si se considera que las calibraciones están en valores correctos o si se desconoce la clave de acceso.

Si se intenta ingresar a calibrar alguna bomba sin escribir la clave correcta, el sistema advierte de esto mediante una pantalla (Figura 3.13) e impide el ingreso del usuario. Esta advertencia aparece las veces que sean necesarias mientras la persona continúe ingresando claves incorrectas.

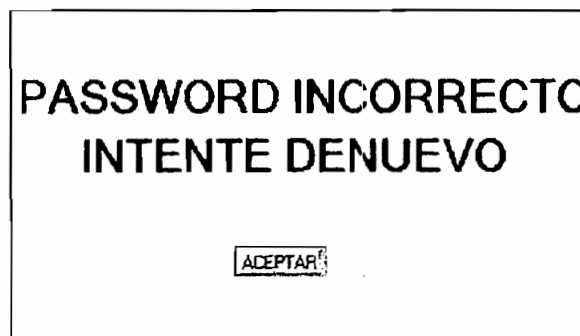


Figura 3.13 Advertencia de clave incorrecta

Si la clave correcta es ingresada, el sistema muestra una pantalla donde se indica el procedimiento (Figura 3.14) que debe seguir el usuario para calibrar una bomba. Si el operador lee y acepta lo leído, pulsando ACEPTAR, el programa despliega una pantalla de SELECCIÓN DE BOMBA, caso contrario regresa a la pantalla CALIBRAR.

## PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

- 1.- SELECCIONE LA BOMBA QUE DESEA CALIBRAR.
- 2.- ESPERE MIENTRAS EL SISTEMA PURGA EL TINTE .  
CORRESPONDIENTE A LA BOMBA SELECCIONADA (3SEG).
- 3.- COLOQUE EL RECIPIENTE BAJO EL DOSIFICADOR Y  
COLECTE LA DOSIFICACION COMPLETA DE 10 SEGUNDOS.
- 4.- PESE EL RECIPIENTE CON EL TINTE.
- 5.- INGRESE AL SISTEMA EL PESO NETO EXACTO DEL TINTE  
DOSIFICADO.
- 6.- PULSE EL BOTON "ACEPTAR".

ACEPTAR



CANCELAR



Figura 3.14 Procedimiento para Calibrar las bombas

La pantalla de SELECCIONAR BOMBA (Figura 3.15) muestra los doce tintes que el operador puede seleccionar pulsando el botón correspondiente.

En esta pantalla, el programa de la HMI, en base a la bomba escogida por el operador, selecciona los valores de los registros VALVULA1 Y VALVULA2 que deberá enviar al microprocesador para indicarle la bomba que se desea calibrar.

## SELECCION DE BOMBA

AMARILLO	NEGRO	OCRE	VERDE
AZUL	ROJO OX		BLANCO
	ROJO	AMARILLO OSCURO	MAGENTA

Figura 3.15 Pantalla para seleccionar la bomba a calibrar

Una vez que se ha elegido una de las doce bombas para calibrarla, el microprocesador inicia la purga del tinte de la bomba seleccionada. Mientras esto ocurre la HMI muestra una pantalla (Figura 3.16) que indica al operador que el tinte seleccionado está siendo purgado.

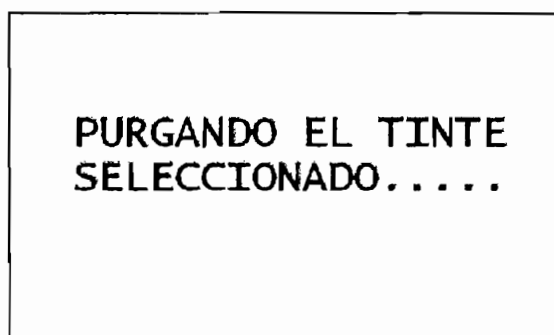


Figura 3.16 Aviso al usuario de que el tinte seleccionado se está purgando

Antes de iniciar la dosificación del tinte en mención, el sistema espera un tiempo de 5 segundos del cual la HMI informa al operador mediante la pantalla que se muestra en la Figura 3.17.

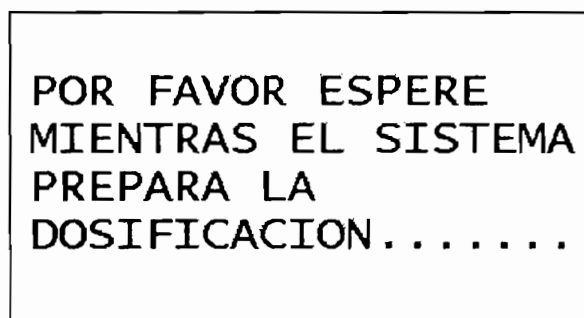


Figura 3.17 Espera antes de la dosificación

Cuando se han cumplido los cinco segundos de espera, el sistema dosifica el tinte durante un tiempo correspondiente a 600 revoluciones del motor. Esta cantidad debe ser recogida y pesada por el operador con la mayor precisión posible. Al igual que en los pasos anteriores, el operador recibe un aviso por parte de la HMI de que el tinte está siendo dosificado (Figura 3.18), este aviso permanece visible mientras el microprocesador realiza la dosificación.

DOSIFICANDO.....  
 POR FAVOR COLECTE LA  
 TOTALIDAD DE LA  
 DOSIFICACION

Figura 3.18 Dosificación del tinte seleccionado

Una vez seguida toda la secuencia, la HMI despliega una pantalla llamada DATOS (Figura 3.19) para que el operador pueda ingresar el valor correspondiente al peso en gramos del tinte dosificado y procede a calcular el valor de calibración de la bomba.

Figura 3.19 Pantalla para ingresar el peso del tinte dosificado

El algoritmo para hallar el valor de calibración de la bomba es el siguiente:

- Se divide el valor en gramos ingresado por el usuario para mil para obtener el peso en kilogramos.
- El valor en kilogramos es dividido para las 600 revoluciones que dio el motor, con lo cual se obtiene el valor de calibración de la bomba en kilogramos por vuelta.

Este valor es importante para los cálculos que realiza la HMI en la dosificación de cualquier tinte o color.

Una vez que se ha calculado el valor de calibración de la bomba, la HMI muestra la pantalla NIVELES para que el operador sepa cuanta cantidad de tinte se utilizó en el proceso de calibración mientras se purgaba y se dosificaba. Esta pantalla se muestra durante 5 segundos y desaparece automáticamente regresando a la pantalla CALIBRAR.

Por último, en la pantalla CALIBRAR (Figura 3.12), se puede observar el nuevo valor de calibración de esa bomba y, de así necesitarse, se puede volver a calibrar una bomba diferente. Esta acción puede realizarse cuantas veces crea conveniente el usuario. Cuando ya no se desee calibrar ninguna bomba, el operador puede salir de la pantalla CALIBRAR pulsando el botón CANCELAR, con el que se vuelve a la pantalla Menú Principal.

### 3.3.2.1.5 Dosificar Tintes.

A esta opción, al igual que a las anteriores, se ingresa presionando primero el botón OPCIONES en la pantalla Menú Principal y luego DOSIFICAR TINTE. Al hacerlo aparece una pantalla con el diseño que se muestra en la Figura 3.20.

Check	Label	Color Swatch	Value
<input type="checkbox"/>	AAX	[Swatch]	0,00
<input type="checkbox"/>	B	[Swatch]	0,00
<input type="checkbox"/>	C	[Swatch]	0,00
<input type="checkbox"/>	D	[Swatch]	0,00
<input type="checkbox"/>	E	[Swatch]	0,00
<input type="checkbox"/>	F	[Swatch]	0,00
<input type="checkbox"/>	I	[Swatch]	0,00
<input type="checkbox"/>	IX	[Swatch]	0,00
<input type="checkbox"/>	L	[Swatch]	0,00
<input type="checkbox"/>	R	[Swatch]	0,00
<input type="checkbox"/>	T	[Swatch]	0,00
<input type="checkbox"/>	V	[Swatch]	0,00

DOSIFICAR  
CANCELAR

www.mejoras.com

Figura 3.20 Pantalla para Dosificar tintes individuales

Como se puede observar, en la pantalla anterior se muestran los tintes, con controles para seleccionar el tinte y el peso. De igual manera existe un botón CANCELAR para regresar a la pantalla Menú Principal sin dosificar nada.

La dosificación de los tintes se lleva a cabo uno por uno. Si se selecciona más de una viñeta se despliega un anuncio de error de la siguiente manera (Figura 3.21).

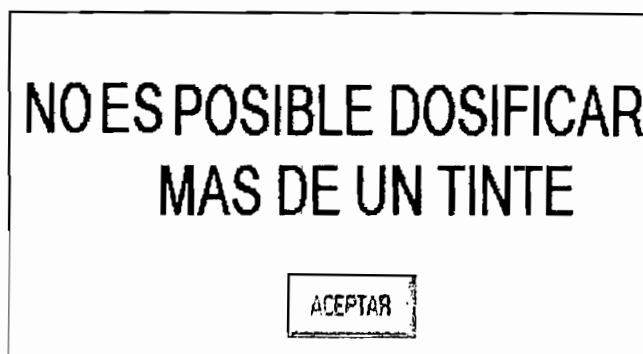


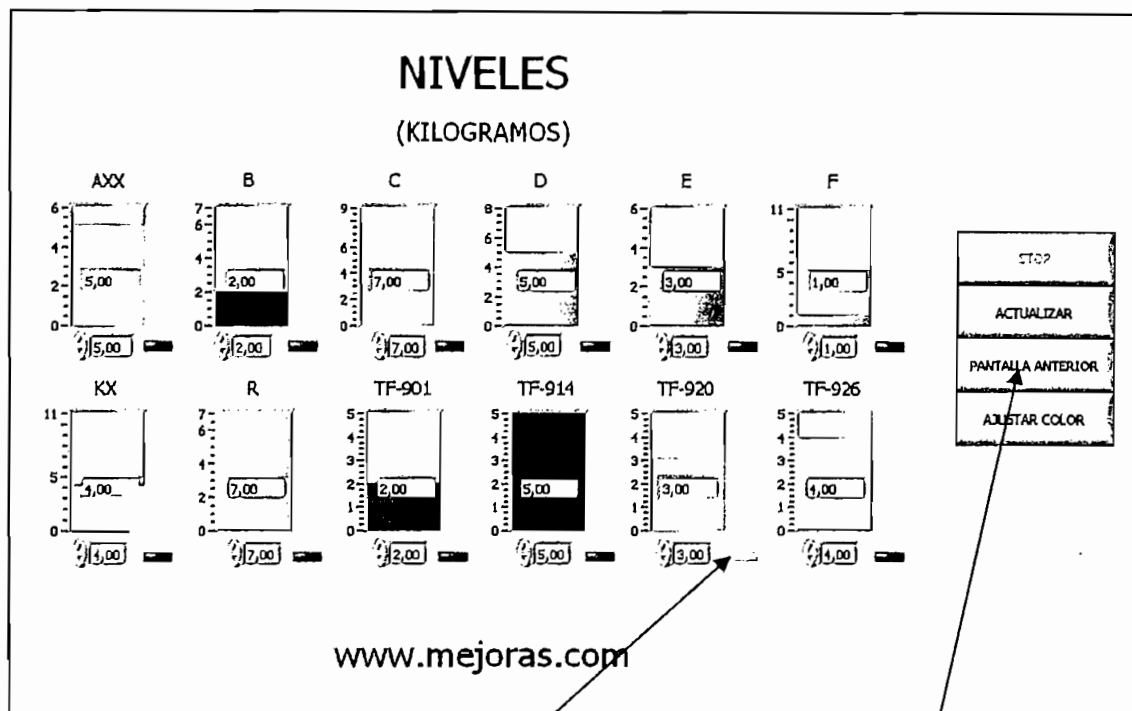
Figura 3.21 Advertencia al querer dosificar más de un tinte a la vez

Cuando se ha seleccionado solo un tinte y se ha colocado un valor de peso, al presionar el botón DOSIFICAR, el programa de la HMI inicia la siguiente secuencia de acciones:

1. Primero compara la cantidad requerida con la cantidad disponible en el tanque de ese tinte, para saber si la máquina está en posibilidades de entregar lo que el operador desea. De esta manera, envía el código CONFIRMACION DE NIVEL al PIC indicándole si debe continuar en el proceso o debe regresar a su estado de reposo.

Cuando la cantidad deseada no es factible de dosificar, la HMI presenta al usuario la pantalla NIVELES mostrando a través de un indicador (Figura 3.22) que el nivel del tanque del tinte seleccionado es insuficiente.

De esta pantalla se regresa a DOSIFICAR pulsando el botón PANTALLA ANTERIOR.



INDICACIÓN DE NIVEL INSUFICIENTE

PANTALLA ANTERIOR

Figura 3.22 Pantalla Niveles, advertencia de tinte insuficiente.

2. Si el peso requerido es factible de dosificar, la HMI calcula el número de pulsos que el microprocesador debe contar para proveer el peso requerido por el operador.

Para obtener el valor de los registros del conjunto llamado PULSOS TINTE<sub>x</sub>, el programa realiza las siguientes operaciones:

- Divide la cantidad solicitada en gramos para 1000, con lo que se obtiene el valor en kilogramos.
- Divide la cantidad expresada en kilogramos para la calibración de la bomba seleccionada, la cual está expresada en kilogramos/vuelta, con lo que se obtiene el valor en revoluciones de motor.
- Se multiplica el número de revoluciones por ocho para expresar la cantidad solicitada en número de pulsos del encoder.

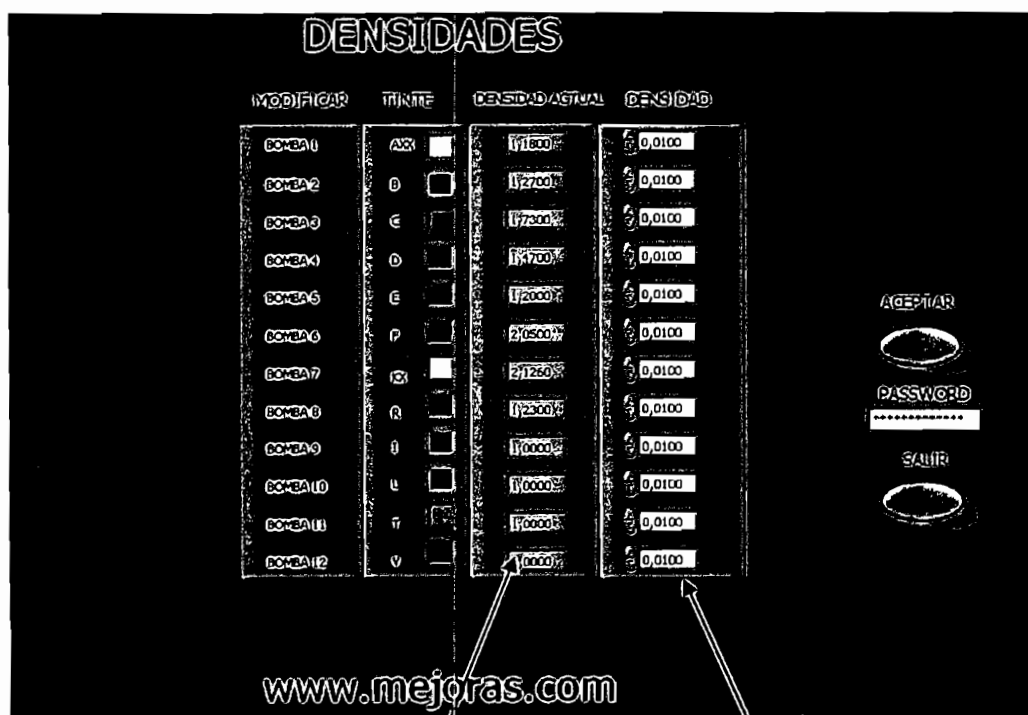


- Se expresa el número de pulsos en tres registros de 8 bits para enviarlos al microprocesador, como un conjunto llamado PULSOS TINTE1.
3. Una vez calculado el número de pulsos que el PIC debe contar para satisfacer la cantidad requerida del tinte, la HMI envía todos los registros necesarios hacia el microprocesador para que éste pueda iniciar la dosificación, en el siguiente orden:
- El registro CONFIRMACION DE NIVEL, con el valor que indica que los niveles son suficientes y se puede realizar la acción.
  - Los registros VALVULA1 y VALVULA2 para informarle al PIC la válvula correspondiente al tinte seleccionado por el usuario.
  - El conjunto PULSOS TINTE1, con el número de pulsos que debe contar.
  - La PRIORIDAD del tinte, que para el caso particular de dosificar tintes individuales es siempre igual a 1, ya que solo se puede dosificar un tinte a la vez.
4. Una vez que toda la información ha sido enviada al PIC, la HMI muestra la pantalla NIVELES para que, mientras el microprocesador dosifica el tinte, el operador pueda ver como va disminuyendo el nivel del tanque de dicho tinte. Esto se simula mediante restas considerando la cantidad de tinte que entrega esa bomba en cada revolución del motor (calibración de la bomba). Se usa este algoritmo debido a que no existen sensores de nivel en los tanques.
5. El decremento del nivel del tanque en la pantalla NIVELES termina cuando el microprocesador envía un aviso hacia la HMI de que la cantidad de tinte requerida ha sido completada. Cuando esto sucede, la HMI permanece mostrando la pantalla NIVELES hasta que el operador pulse el botón PANTALLA ANTERIOR con el que se regresa a la pantalla DOSIFICAR.

6. Finalmente, el tinte dosificado y el peso requerido son guardados en un reporte junto con la fecha y la hora de la dosificación para que se pueda llevar un control de los tintes que salen de la máquina.

### 3.3.2.1.6 Modificar Densidades.

La pantalla MODIFICAR DENSIDADES (Figura 3.23), permite al usuario conocer el valor de la densidad de cada uno de los doce tintes, y además permite modificarlos, siempre y cuando se ingrese la contraseña correcta al sistema y se pulse ACEPTAR. Si esto ocurre todos los valores son cambiados por los valores que tengan los controles en ese momento.



VALORES DE DENSIDADES

CONTROLES

Figura 3.23 Pantalla MODIFICAR DENSIDADES

Si el PASSWORD ingresado es incorrecto el sistema impide el cambio de densidades mostrando una pantalla de advertencia. Esta pantalla aparece hasta

que el operador ingrese la clave correcta o regrese a la pantalla Menú Principal pulsando SALIR.

### **3.3.2.2 Bloque de Colores.**

Cuando el operador presiona el botón COLORES en la pantalla Menú Principal, internamente el programa se queda esperando que se seleccione alguno de los colores preestablecidos en el bloque. Si en la pantalla se pulsa el botón CREAR COLOR, se invoca una pantalla en la que se puede seleccionar un color creado anteriormente o crear un color nuevo.

#### *3.3.2.2.1 Colores Preestablecidos*

Los colores preestablecidos se encuentran identificados mediante los códigos internos de Pinturas Cóndor en la pantalla Menú Principal. Cuando un operador pulsa uno de estos botones, la HMI toma la fórmula propia de ese color; es decir, los tintes que intervienen en él y el porcentaje de cada uno de ellos.

Luego de procesar la fórmula se pasa a otra pantalla que recopila todos los datos necesarios para iniciar la dosificación; como son: el volumen requerido, el porcentaje de dosificación, algunos códigos internos de Pinturas Cóndor, el nombre del tinturador, entre otros. Esta pantalla es la misma para todos los colores, y tiene el diseño que se presenta en la Figura 3.24.

**PREPARACION**

VOLUMEN  LITROS

% DE DOSIFICACION  %

ORDEN DE FABRICACION

CODIGO ALTERNO

CODIGO INTELIGENTE

TINTURADOR

DOSIFICAR  
OK

C:\Reporte.txt

REGRESAR

**www.mejoras.com**

Figura 3.24 Pantalla de Preparación de un color

En la pantalla PREPARACION de la figura anterior, se pueden observar varios datos que el operador debe llenar para fabricar un color.

El volumen se puede elegir entre uno y once mil litros y este valor es mostrado tanto en forma numérica como gráfica.

Como se explicó en el primer capítulo cuando se habló de los problemas que podían presentarse al momento de dosificar un color, el tinturador no debe dosificar la totalidad de la fórmula en el primer intento, puesto que existen muchas probabilidades de fallar en la obtención del color por diferencias en las bases o en los tintes con relación a los considerados estándares. Es por esta razón que se incluyó en el programa el control “% de dosificación” que permite seleccionar dicho porcentaje. De esta forma el operador puede dosificar porcentajes de la fórmula hasta llegar al color deseado. El programa internamente cuenta los intentos que realiza el operador para alcanzar el color.

También desde esta pantalla, el usuario puede decidir cancelar la preparación del color y regresar a la pantalla Menú Principal pulsando el botón REGRESAR.

Se puede también observar que existe el botón DOSIFICAR, que tiene dos funciones muy importantes:

- Aceptar todos los parámetros anotados en la pantalla e iniciar la fabricación del color, y
- Crear un registro con toda la información del color fabricado para que el administrador pueda llevar un control de la producción. El operador puede seleccionar el archivo en el que desea añadir este nuevo registro pulsando el icono de la carpeta que se encuentra bajo el botón DOSIFICAR. En el registro creado se incluyen los siguientes datos:
  - Códigos del color.
  - Volumen dosificado.
  - Porcentaje de dosificación.
  - Número del presente intento. (Cuántas veces a intentado el operador llegar al color dosificando fracciones de la fórmula).
  - Nombre del operador.
  - Fórmula del color (tintes involucrados con sus respectivos porcentajes).
  - Fecha y hora de la fabricación del color.
  - Estado final de la fabricación, es decir, si se completó satisfactoriamente el color o fue interrumpido.

La HMI inicia la fabricación del color realizando algoritmos matemáticos para cada uno de los tintes involucrados, con el fin de calcular los registros necesarios que deben ser enviados al microprocesador. Dentro del algoritmo de cada tinte la HMI procede de la siguiente manera:

- Multiplica el volumen ingresado por el porcentaje de dosificación.
- Multiplica el resultado por el porcentaje del tinte que se esté analizando, cuyo valor se encuentra en la fórmula del color seleccionado. Esta operación da como resultado la cantidad necesaria de ese tinte expresada en kilogramos.
- Compara la cantidad requerida en kilogramos con la que se encuentra en el tanque del tinte en mención (pantalla NIVELES).
- Si la cantidad de tinte no puede ser satisfecha:
  - Despliega una advertencia de error sobre ese tinte.
- Si la cantidad del tinte puede ser suministrada por la máquina:
  - Divide la cantidad en kilogramos para la calibración de esa bomba (Kg/vuelta), para obtener la cantidad en revoluciones del motor.
  - Multiplica el resultado por 8 para encontrar un valor en “número de pulsos”, correspondiente a PULSOS TINTE<sub>x</sub> para enviarlo al microprocesador.

El programa ejecuta el mismo algoritmo, para cada uno de los tintes que entran en la fórmula del color seleccionado, luego de lo cual:

- Si la advertencia de error de uno o varios de los tintes está encendida.
  - Muestra al usuario, mediante las luces en la pantalla NIVELES, los tintes con cantidades insuficientes.
  - Notifica al PIC del error mediante el registro CONFIRMACION DE NIVEL.
  - Permanece mostrando la pantalla NIVELES hasta que el usuario presione el botón PANTALLA ANTERIOR para volver a la pantalla Menú Principal.
- Si no existe ninguna advertencia de error.
  - Ordena los tintes de acuerdo al número de pulsos que necesitan, de menor a mayor, y asigna los valores de PRIORIDADES.
  - Envía al PIC todos los parámetros de dosificación, en el siguiente orden:

1. El registro CONFIRMACION DE NIVEL, informándole al PIC que el nivel de todos los tintes es suficiente.
2. VALVULA1 y VALVULA2, indicándole al PIC los tintes que intervienen en la fórmula del color.
3. Luego, para cada uno de los tintes pertenecientes al color envía:
  - PULSOS TINTE<sub>x</sub>, con la información del número de pulsos necesarios para ese tinte.
  - La PRIORIDAD correspondiente al tinte en mención.

Con todos los datos el PIC inicia el proceso y la HMI muestra la pantalla NIVELES en la que el operador puede apreciar como van disminuyendo los niveles de los tanques correspondientes a los tintes que pertenecen a ese color.













Mediante el botón STOP de la pantalla NIVELES, el usuario puede detener el proceso cuando lo desee, en cuyo caso el PIC recibe el código ABORTAR FABRICACION y sin importar en que etapa de su programa se encuentre cierra todas las válvulas y apaga el motor volviendo a condiciones iniciales. La HMI por su parte se queda en la pantalla NIVELES hasta que el operador pulse el botón PANTALLA ANTERIOR con el que se regresa a la pantalla Menú Principal. Cuando se usa este comando, aparece una notificación del mismo en el reporte para el usuario. De esta manera se puede saber cuando un color fue dosificado por completo y cuando fue interrumpido por el operador.


Si no se pulsa STOP, el microprocesador termina la dosificación de los tintes enviando a la HMI los códigos correspondientes cada vez que se ha terminado de dosificar un tinte, para que en la pantalla NIVELES se muestre que los tanques se van deteniendo. Cuando se termina el último tinte envía además un código de finalización del proceso con el cual la HMI se queda en espera de que el operador pulse PANTALLA ANTERIOR para regresar a la pantalla Menú Principal.


Cuando se termina la dosificación de los tintes para crear un color, o cuando se haya interrumpido por el usuario, el operador tiene la opción de ajustarlo

utilizando cualquiera de los tintes existentes en la máquina, para corregir las diferencias que pueden existir en las bases o en los tintes. Si el usuario escoge esta opción, el programa le presenta la pantalla de la Figura 3.25.

## AJUSTAR COLOR

<input type="checkbox"/>	Axx		0,00	GRAMOS	
<input type="checkbox"/>	B		0,00	GRAMOS	
<input type="checkbox"/>	C		0,00	GRAMOS	
<input type="checkbox"/>	D		0,00	GRAMOS	
<input type="checkbox"/>	E		0,00	GRAMOS	
<input type="checkbox"/>	F		0,00	GRAMOS	
<input type="checkbox"/>	KX		0,00	GRAMOS	
<input type="checkbox"/>	R		0,00	GRAMOS	
<input type="checkbox"/>	TF-901		0,00	GRAMOS	
<input type="checkbox"/>	TF-914		0,00	GRAMOS	
<input type="checkbox"/>	TF-920		0,00	GRAMOS	
<input type="checkbox"/>	TF-926		0,00	GRAMOS	

DOSIFICAR 

CANCELAR 

[www.mejoras.com](http://www.mejoras.com)

Figura 3.25 Pantalla para AJUSTAR un color

Esta pantalla tiene la misma programación que la de Dosificación de Tinte.

El ajuste realizado también aparece en el reporte de producción que se crea internamente para el efecto.

#### 3.3.2.2.2 Colores Creados

Los botones para crear nuevos colores se encuentran en una pantalla llamada COLORES CREADOS, estos botones no poseen códigos de Pinturas Cándor.



Para llegar a la pantalla CREADOS el usuario debe pulsar primero COLORES en la pantalla Menú Principal y luego presionar la tecla CREAR COLOR. La pantalla de "COLORES CREADOS" tiene la apariencia de la Figura 3.26:

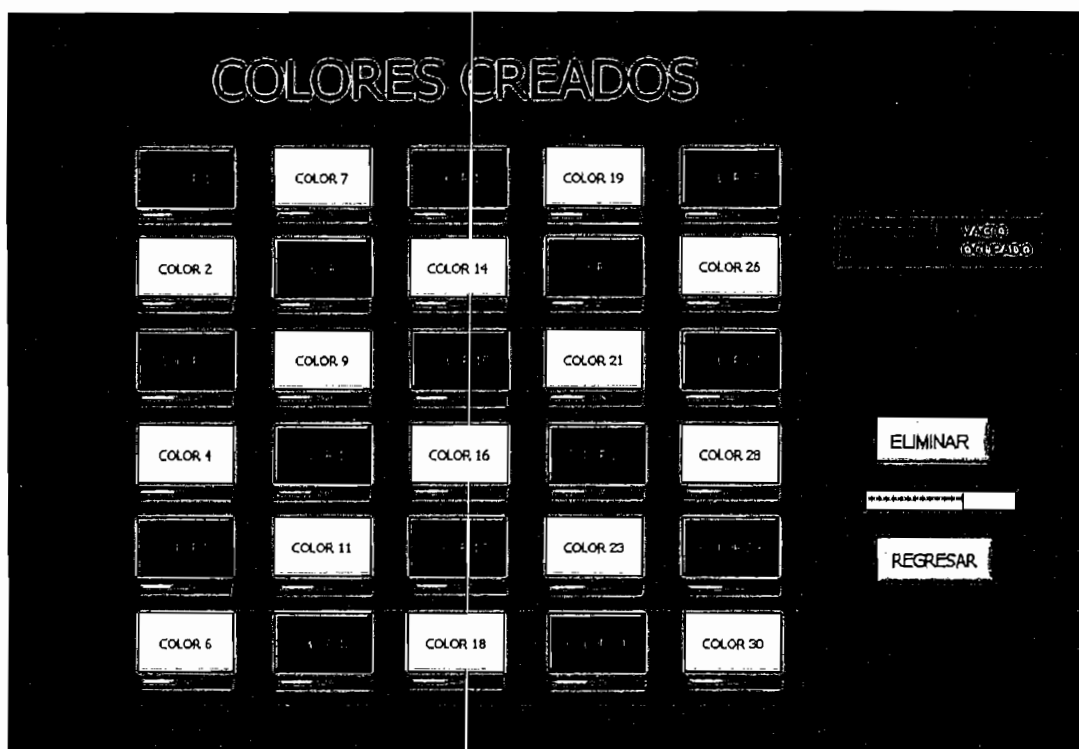


Figura 3.26 Pantalla para dosificar colores creados recientemente o crear nuevos colores.

Se puede apreciar que existen treinta espacios para que el tinturador pueda crear igual número de colores.

Se puede saber cuales son los botones que no han sido utilizados por medio de las luces que se encuentran bajo cada botón. A la derecha de la pantalla se encuentra la simbología utilizada para estos focos. Así mismo, se puede borrar los espacios que se encuentren ocupados ingresando la clave correcta y pulsando el botón ELIMINAR, con lo cual se presenta la siguiente pantalla (Figura 3.27):

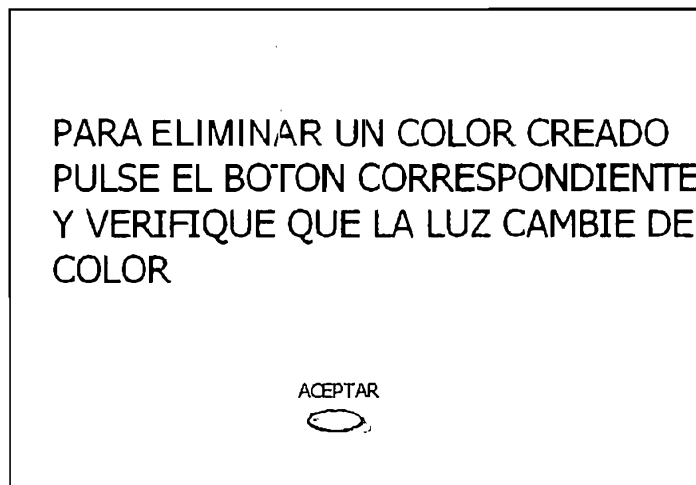


Figura 3.27 Procedimiento para eliminar un color creado.

Cuando la clave es correcta y el botón ELIMINAR es pulsado, el programa espera a que el usuario pulse seguidamente una de las teclas correspondiente a un espacio ocupado en "COLORES CREADOS". Una vez hecho esto, el sistema elimina el color elegido y, por consiguiente, la luz de ese botón cambia de color. El espacio queda en blanco y puede ser utilizado para crear otro color.

Para crear un nuevo color primero se debe pulsar uno de los botones que se encuentre vacío, con lo cual la pantalla "CREAR COLOR" (Figura 3.28) es desplegada al usuario.

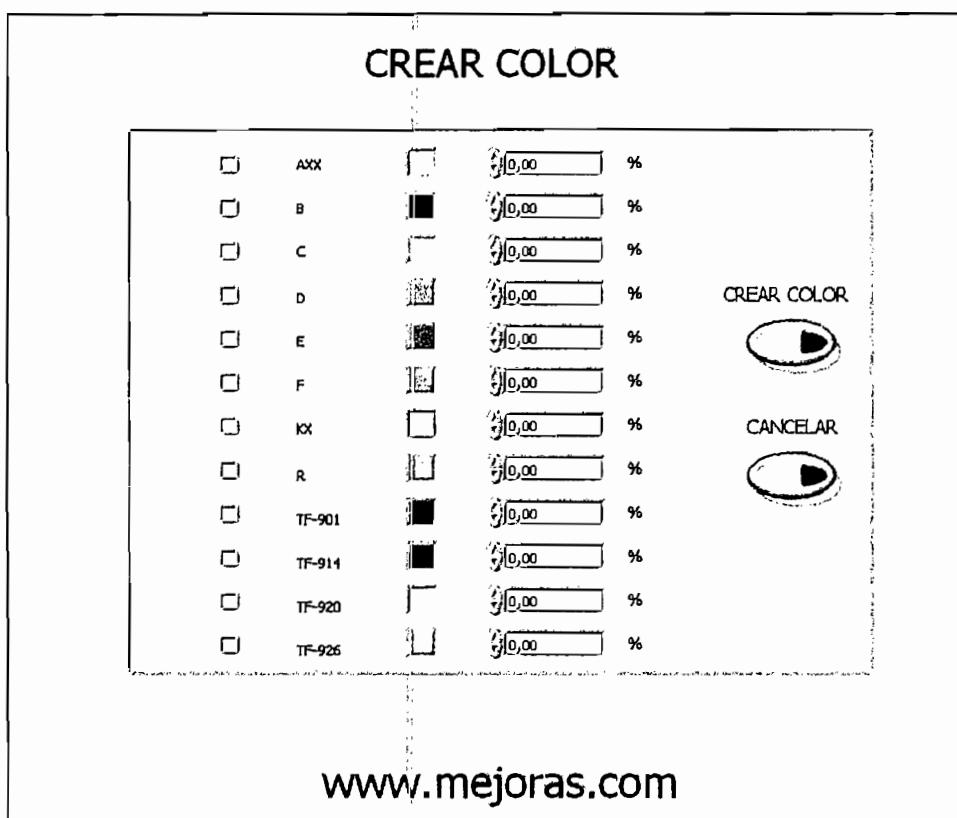


Figura 3.28 Pantalla CREAR COLOR.

La pantalla "CREAR COLOR", posee todos los tintes con los que cuenta la máquina, para que el operador pueda seleccionar los que desee colocando una viñeta en el espacio a la izquierda del nombre del tinte. Además, tiene controles para que se fije por parte del usuario el porcentaje de cada tinte seleccionado en el nuevo color.

Luego que el operador ingreso todos los valores, que corresponden a la fórmula del color, el sistema procede igual que si se tratara de un color preestablecido; es decir, muestra la pantalla PREPARACION de la que se puede volver a la pantalla Menú Principal pulsando REGRESAR, si el operador quería solo formular el color pero no crearlo en ese momento, o se puede pulsar DOSIFICAR y proceder a dosificar los tintes en el volumen que se desee.

Una vez que el color ha sido formulado, pulsando su botón en la pantalla COLORES CREADOS (Figura 3.26) se mostrará directamente la pantalla

PREPARACION y se procederá como para cualquiera de los colores preestablecidos.

Como ya se mencionó, de los doce tintes que posee la máquina, ocho son usados solo para la línea Arquitectónica y cuatro para la línea Decorlac. Por esta razón, cuando alguien está creando un nuevo color el número máximo de tintes que puede usar son ocho y además no puede mezclar tintes de la línea Arquitectónica con tintes de la línea Decorlac.

Esta restricción del programa es señalada al usuario con la siguiente pantalla (Figura 3.29).

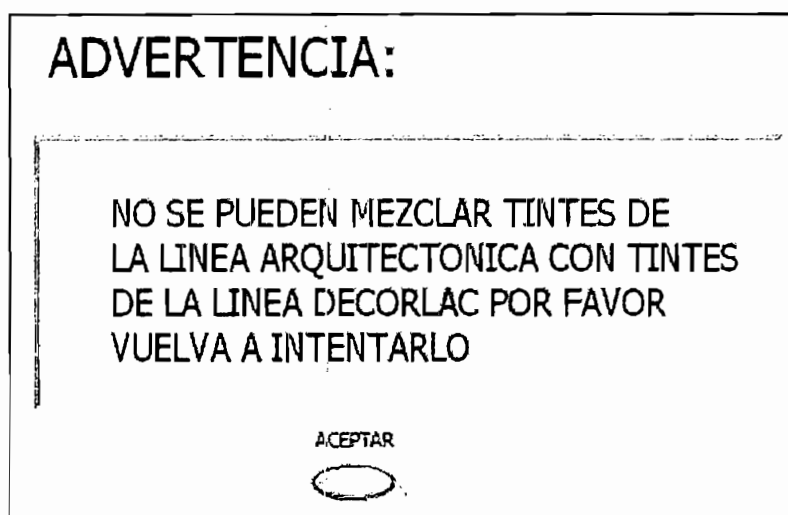


Figura 3.29 Advertencia de mezcla de tintes al crear un nuevo color

De la misma manera que para los colores preestablecidos, cuando se formula un nuevo color y se lo dosifica, el operador tiene la posibilidad de ajustarlo con otro tinte.

### 3.3.3 RECUPERACION DE DATOS

Cada vez que el operador sale del programa y apaga el computador o simplemente cuando existe una falla de energía eléctrica, todos los valores que

no son constantes dentro del programa vuelven a sus valores originales, por lo que se pierde la información que fue ingresada por el usuario.

Esto representa un grave problema ya que implica que el usuario debe volver a pasar por todas las opciones cada vez que entra al programa. Para evitarlo, se han creado varios archivos de texto que se guardan en el HD (Hard Disc) del computador que poseen toda esa información y la actualizan cuando el programa se inicia.

Todos los datos de calibración de las bombas, niveles de los tanques y fórmulas de los colores nuevos creados se guardan de tal forma que cada vez que se inicie el programa se lea todos los valores desde los archivos de texto. Así mismo, cada vez que alguno de estos datos se cambia, el nuevo valor es escrito en el archivo de texto correspondiente para que pueda ser recuperado la próxima vez que se inicie el sistema.

### **3.4 DISEÑO DEL SOFTWARE PARA EL MICROPROCESADOR**

El programa del microprocesador constituye el otro componente del diseño del sistema de control. Está formado por varias etapas, que en esencia realizan las funciones globales siguientes:

- Agitar los tintes periódicamente si la máquina no es usada durante un largo tiempo.
- Ejecutar cualquiera de las opciones que fueron descritas en subcapítulos anteriores, cuando el usuario lo ordene a través de la HMI, es decir;
  - Purgar tintes
  - Agitar los tintes
  - Dosificar un solo tinte
  - Dosificar un color nuevo o preestablecido
  - Calibrar las bombas

A continuación se describe el programa que contiene el PIC y la manera en que ejecuta las órdenes enviadas por la HMI.

### 3.4.1 FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL PROGRAMA DEL PIC.

A continuación, mediante el diagrama de flujo en lenguaje estructurado de la Figura 3.30, se muestran todas las acciones que efectúa el microprocesador para controlar la máquina.

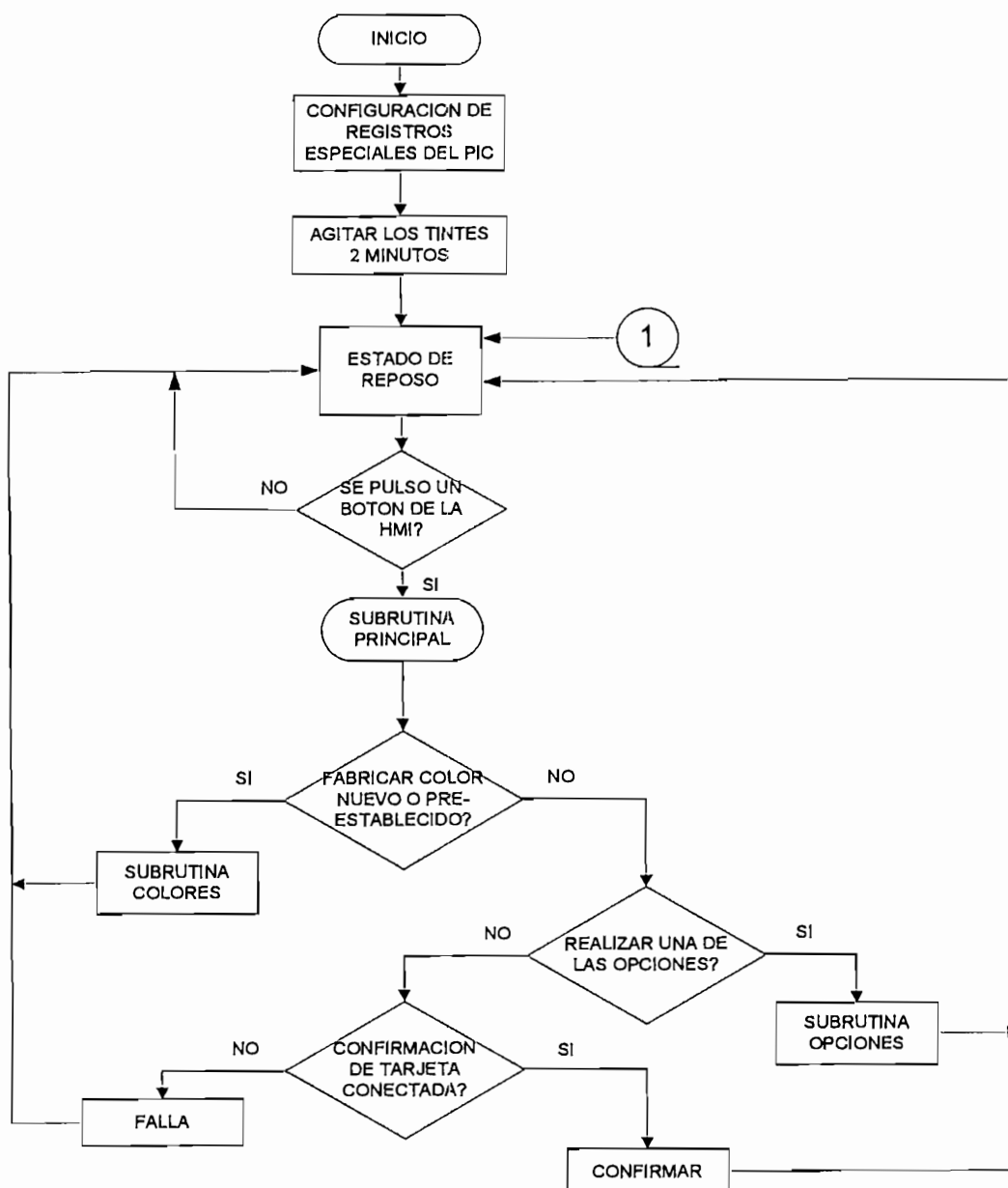


Figura 3.30. Diagrama de Flujo General del Programa

La estructura de las tareas y subrutinas del programa del microprocesador se describen brevemente a continuación en lenguaje estructurado.

#### **INICIO.**

Crear registros internos para usarlos en el programa.

**Fin de Tarea**

#### **CONFIGURACION DE REGISTROS ESPECIALES DEL PIC.**

Configurar **TIMER** como contador de pulsos.

Configurar comunicación serial asincrónica a 2400 baudios.

Habilitar Interrupción **SERIAL**.

**Fin de Tarea**

#### **AGITAR LOS TINTES.**

Prender motor que impulsa las bombas en velocidad baja.

Esperar tiempo de 2 segundos para cambiar la velocidad.

Pasar el motor a la velocidad alta.

Prender agitadores de los tanques.

Esperar tiempo de agitación (2 minutos).

Apagar agitadores de los tanques.

Pasar motor a velocidad baja.

Esperar tiempo de 2 segundos para apagar motor.

Apagar motor.

**Fin de Tarea**

#### **ESTADO DE REPOSO.**

Limpiar registros creados.

Esperar tiempo de 15 min. para volver a recircular los tintes.

Prender motor que impulsa las bombas en velocidad baja.

Esperar tiempo de 1 segundo para cambiar la velocidad.

Pasar el motor a la velocidad alta.

Prender agitadores de los tanques.

Esperar tiempo de agitación (2 minutos).

Apagar agitadores de los tanques.

Pasar motor a velocidad baja.

Esperar tiempo de 1 segundo para apagar el motor.

Apagar motor.

Mientras se realiza la subrutina **ESTADO DE REPOSO**.

Si se recibió un dato por el puerto **Serial**.

Invocar subrutina **PRINCIPAL**.

Caso contrario.

Regresar a la subrutina **ESTADO DE REPOSO**.

**Fin de tarea**

#### **SUBROUTINA PRINCIPAL.**

Deshabilitar Interrupción **Serial**.

Si motor y agitadores están encendidos.

Apagar motor y agitadores de los tanques.

Si la **HMI** envió la orden de fabricar un **COLOR**.

Invocar Subrutina **COLORES**

Si la **HMI** envió la orden de ejecutar una **OPCION**.

Invocar Subrutina **OPCIONES**.

Si la **HMI** requirió la confirmación de **TARJETA CONECTADA**.

Enviar confirmación hacia la **HMI**.

*Si la HMI envió un dato incorrecto.  
Habilitar Interrupción Serial.  
Regresar a la subrutina ESTADO DE REPOSO.*

**Fin de Tarea**

### **3.4.2 SUBROUTINAS ESPECIALES DENTRO DEL PROGRAMA DEL PIC.**

Existen subrutinas dentro del programa del microprocesador que por su importancia, deben ser descritas utilizando diagramas de flujo particulares. A continuación, se analizan dichas subrutinas en lenguaje estructurado.

#### **3.4.2.1 Subrutina Opciones.**

Como ya se mencionó cuando se analizó el funcionamiento de la máquina en su diseño original en el primer capítulo, la máquina posee varias opciones adicionales diferentes a la preparación de colores, entre ellas se encuentran; AGITAR, PURGAR, CALIBRAR BOMBAS, DOSIFICAR TINTES, MOSTRAR NIVELES, y MODIFICAR DENSIDADES.

Una vez que se ha determinado que el usuario pretende realizar una de las OPCIONES que posee la máquina, el programa del microprocesador ingresa a un lazo donde espera un nuevo dato que debe llegar desde la HMI y se queda en él hasta que el operador pulse la tecla correspondiente a la opción que quiere realizar.

Cuando el nuevo dato ha llegado, el microprocesador lo compara con los códigos correspondientes a las opciones hasta encontrar la que desea el usuario. De las opciones de la máquina; PURGAR, AGITAR, CALIBRAR BOMBAS, DOSIFICAR TINTES, MOSTRAR NIVELES, y MODIFICAR DENSIDADES, solo las tres primeras requieren de una acción especial del microprocesador, ya que para DOSIFICAR TINTES individuales el PIC usa la misma subrutina COLORES, que será explicada más adelante, y para MOSTRAR NIVELES y MODIFICAR DENSIDADES solo actúa la programación realizada para la HMI.



Cuando el operador de la máquina, pulsa la tecla SALIR DE OPCIONES en la pantalla "Menú Principal" (Figura 3.8) de la HMI, en lugar de seleccionar alguna opción, el código que le ingresa al microprocesador es diferente de los cuatro códigos que acepta el PIC en esta etapa. Esto causa que el programa regrese a la subrutina ESTADO DE REPOSO, habilitando primero la interrupción serial del microcontrolador para estar listo para la próxima instrucción que emita el operador.

El siguiente diagrama de flujo de la Figura 3.31 muestra lo que hace la HMI para que se ejecuten las opciones dentro del programa del microprocesador.

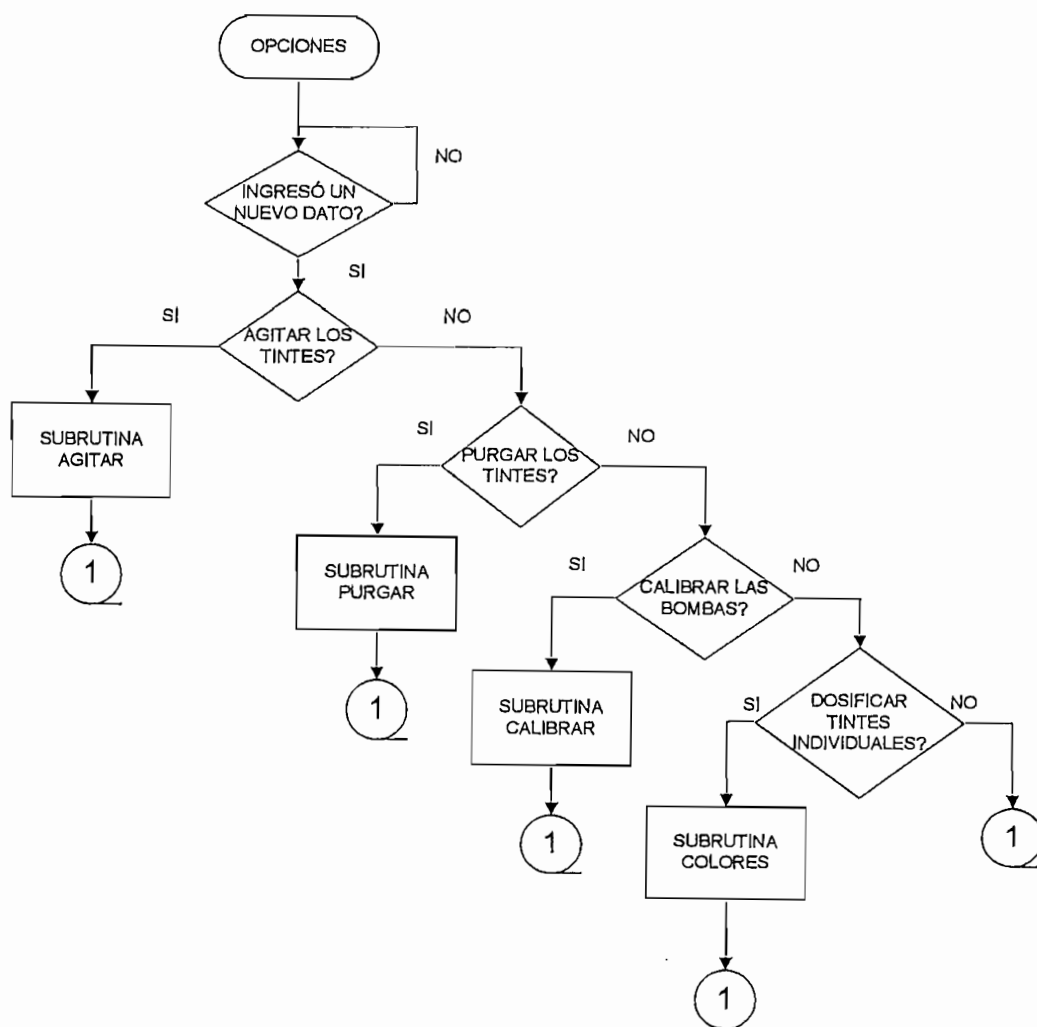


Figura 3.31 Diagrama de Flujo en lenguaje estructurado de OPCIONES

La estructura de las tareas que ejecuta el PIC dentro de la subrutina OPCIONES se explica a continuación en lenguaje estructurado.

**OPCIONES.**

Si no ingresó un nuevo dato al PIC desde la HMI vía serial.  
Continuar esperando el dato (Iniciar subrutina OPCIONES).  
Si el nuevo dato es la orden de AGITAR LOS TINTES.  
Invocar subrutina AGITAR.  
Si el nuevo dato es la orden de PURGAR LOS TINTES.  
Invocar subrutina PURGAR.  
Si el nuevo dato es la orden de CALIBRAR LAS BOMBAS.  
Invocar subrutina CALIBRAR.  
Si el nuevo dato es la orden de DOSIFICAR TINTES INDIVIDUALES.  
Invocar subrutina COLORES.  
Si el nuevo dato es incorrecto.  
Habilitar interrupción Serial.  
Regresar a la subrutina ESTADO DE REPOSO.

**Fin de Tarea**

**SUBROUTINA AGITAR.**

Encender motor que impulsa las bombas en velocidad baja.  
Encender agitadores de los tanques.  
Esperar tiempo de 1 segundo para cambiar de velocidad.  
Pasar el motor a velocidad alta.  
Esperar tiempo de agitación (2 minutos).  
Apagar agitadores de los tanques.  
Pasar el motor a velocidad baja.  
Esperar tiempo de 1 segundo para apagar el motor.  
Apagar el motor.  
Habilitar interrupción Serial.  
Regresar a la subrutina ESTADO DE REPOSO.

**Fin de tarea**

**SUBROUTINA PURGAR.**

Encender motor que impulsa las bombas en velocidad baja.  
Esperar tiempo de 2 segundos para cambiar de velocidad.  
Pasar el motor a velocidad alta.  
Abrir una por una las doce válvulas durante 1 segundo cada una.  
Pasar el motor a velocidad baja.  
Esperar tiempo de 2 segundos para apagar el motor.  
Apagar el motor.  
Habilitar interrupción Serial.  
Regresar la subrutina ESTADO DE REPOSO.

**Fin de Tarea**

**SUBROUTINA CALIBRAR.**

Si no ingresó un nuevo dato al PIC desde la HMI vía serial.  
Continuar esperando el dato (Iniciar subrutina CALIBRAR).  
Si el nuevo dato indica salir de la subrutina CALIBRAR.  
Habilitar interrupción Serial.  
Regresar a la subrutina ESTADO DE REPOSO.  
Caso contrario.  
Guardar nuevo dato (primer dato) en el registro VALVULA1.  
Guardar segundo dato en el registro VALVULA2.  
Prender el motor que impulsa las bombas en velocidad baja.

*Esperar tiempo de 2 segundos para cambiar la velocidad.  
 Pasar el motor a velocidad alta.  
 Abrir la válvula del tinte que fue seleccionado por el usuario sobre la base de los registros VALVULA1 y VALVULA2.  
 Esperar tiempo de purga (3 segundos).  
 Cerrar la válvula.  
 Esperar tiempo para la dosificación (5 segundos).  
 Abrir nuevamente la válvula del tinte que fue seleccionado por el usuario.  
 Si el motor no ha cumplido 600 revoluciones.  
     Continuar esperando que se completen las 600 revoluciones.  
 Caso contrario.  
     Cerrar la válvula del tinte seleccionado.  
     Pasar el motor a velocidad baja.  
     Esperar tiempo de 2 segundos para apagado del motor.  
     Apagar el motor.  
     Iniciar nuevamente la subrutina CALIBRAR.*

**Fin de Tarea**

### **3.4.2.2 Subrutina Colores:**

Como se describió en el Capítulo uno, la fabricación de colores es la tarea más importante que debe realizar la máquina. A este objetivo están orientadas todas las opciones explicadas anteriormente.

Como se indicó en la explicación de las OPCIONES, todo el procedimiento que será detallado a continuación para la fabricación de colores, sirve también para la dosificación de tintes individuales, con la única diferencia de que al dosificar un tinte, solo una válvula es tomada en cuenta, mientras que en la creación de un color se consideran todas las válvulas correspondientes a los tintes que estén incluidos en la fórmula de dicho color.

El diagrama de la Figura 3.32 muestra la manera en la PIC ejecuta la fabricación de un color.

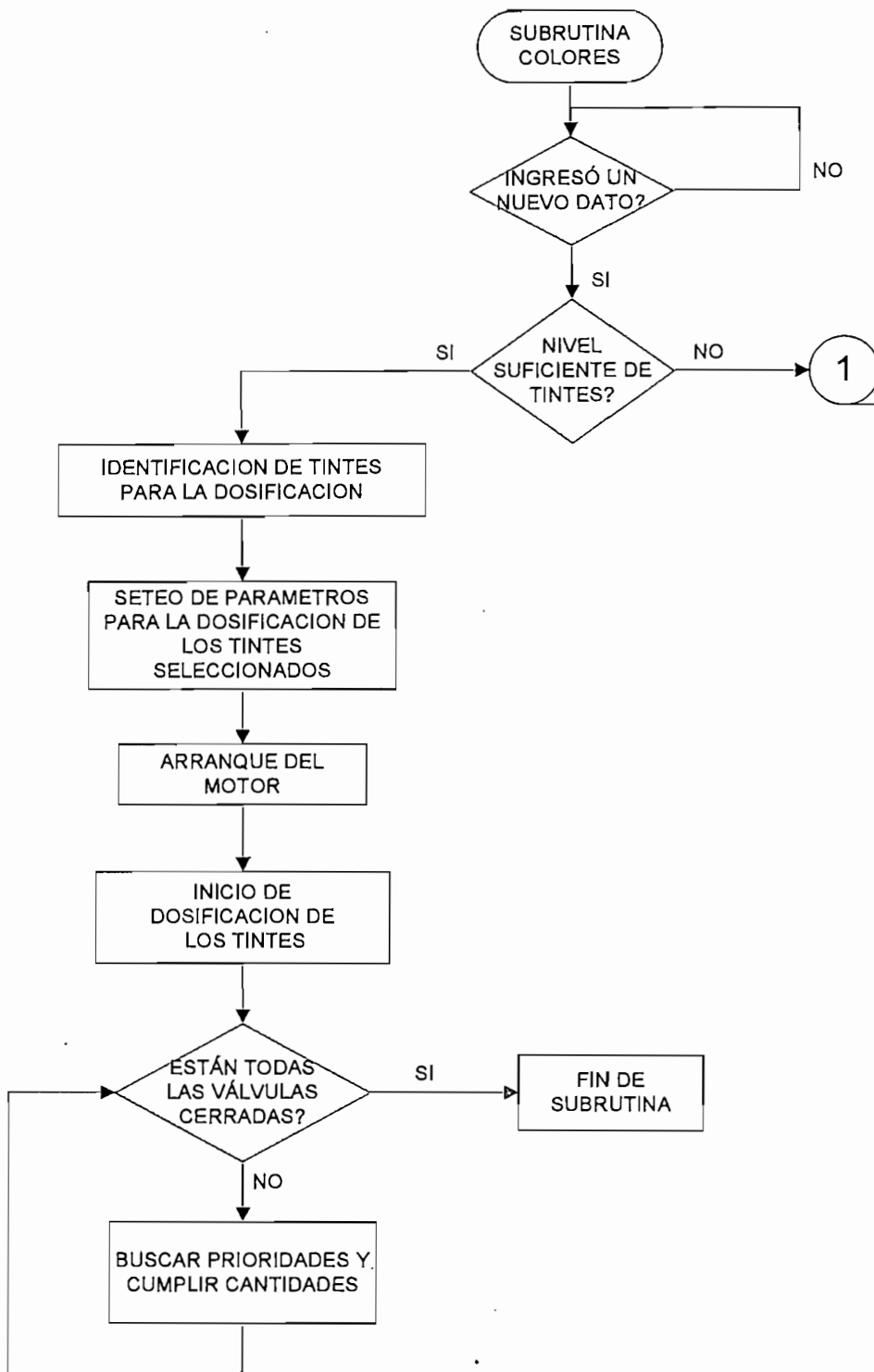


Figura 3.32 Diagrama de Flujo de la Fabricación de COLORES

**SUBROUTINA COLORES.**

Si no ha ingresado un nuevo dato vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando el dato CONFIRMACION DE NIVEL (Iniciar subrutina COLORES)

Si el nivel de los tanques de los tintes involucrados en el color es suficiente para alcanzar el volumen seleccionado.  
 Invocar IDENTIFICACION DE TINTES PARA LA DOSIFICACION

Caso contrario.  
 Habilitar la interrupción serial.  
 Regresar a la subrutina ESTADO DE REPOSO.

**IDENTIFICACION DE TINTES PARA LA DOSIFICACION.**

Si no ha ingresado un nuevo dato vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando el nuevo dato.  
 Guardar el nuevo dato en el registro VALVULA1.  
 Guardar el segundo dato en el registro VALVULA2.

**SETEO DE PARAMETROS PARA LA DOSIFICACION DE LOS TINTES SELECCIONADOS.**

Si el TINTE1 está considerado en el color.  
 Si no han ingresado nuevos datos vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando datos.  
 Caso contrario  
 Guardar los nuevos datos como PULSOS TINTE1 (3 registros)

Si no ha ingresado un nuevo dato vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando el nuevo dato.  
 Caso contrario  
 Guardar el nuevo dato como PRIORIDAD TINTE1.

Si el TINTE2 está considerado en el color.  
 Si no han ingresado nuevos datos vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando datos.  
 Caso contrario  
 Guardar los nuevos datos como PULSOS TINTE2 (3 registros).

Si no ha ingresado un nuevo dato vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando el nuevo dato.  
 Caso contrario  
 Guardar el nuevo dato como PRIORIDAD TINTE2.

Si el TINTE3 está considerado en el color.  
 Si no han ingresado nuevos datos vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando datos.  
 Caso contrario  
 Guardar los nuevos datos como PULSOS TINTE3 (3 registros).

Si no ha ingresado un nuevo dato vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando el nuevo dato.  
 Caso contrario  
 Guardar el nuevo dato como PRIORIDAD TINTE3.

Si el TINTE4 está considerado en el color.  
 Si no han ingresado nuevos datos vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando datos.  
 Caso contrario  
 Guardar los nuevos datos como PULSOS TINTE4 (3 registros).

Si no ha ingresado un nuevo dato vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando el nuevo dato.  
 Caso contrario

Guardar el nuevo dato como PRIORIDAD TINTE4.

Si el TINTE5 está considerado en el color.  
 Si no han ingresado nuevos datos vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando datos.

Caso contrario  
 Guardar los nuevos datos como PULSOS TINTE5 (3 registros).

Si no ha ingresado un nuevo dato vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando el nuevo dato.

Caso contrario  
 Guardar el nuevo dato como PRIORIDAD TINTE5.

Si el TINTE6 está considerado en el color.  
 Si no han ingresado nuevos datos vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando datos.

Caso contrario  
 Guardar los nuevos datos como PULSOS TINTE6 (3 registros).

Si no ha ingresado un nuevo dato vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando el nuevo dato.

Caso contrario  
 Guardar el nuevo dato como PRIORIDAD TINTE6.

Si el TINTE7 está considerado en el color.  
 Si no han ingresado nuevos datos vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando datos.

Caso contrario  
 Guardar los nuevos datos como PULSOS TINTE7 (3 registros).

Si no ha ingresado un nuevo dato vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando el nuevo dato.

Caso contrario  
 Guardar el nuevo dato como PRIORIDAD TINTE7.

Si el TINTE8 está considerado en el color.  
 Si no han ingresado nuevos datos vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando datos.

Caso contrario  
 Guardar los nuevos datos como PULSOS TINTE8 (3 registros).

Si no ha ingresado un nuevo dato vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando el nuevo dato.

Caso contrario  
 Guardar el nuevo dato como PRIORIDAD TINTE8.

Si el TINTE9 está considerado en el color.  
 Si no han ingresado nuevos datos vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando datos.

Caso contrario  
 Guardar los nuevos datos como PULSOS TINTE9 (3 registros).

Si no ha ingresado un nuevo dato vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando el nuevo dato.

Caso contrario  
 Guardar el nuevo dato como PRIORIDAD TINTE9.

Si el TINTE10 está considerado en el color.  
 Si no han ingresado nuevos datos vía serial desde la HMI.  
 Continuar esperando datos.

Caso contrario

Guardar los nuevos datos como PULSOS TINTE10 (3 registros).

Si no ha ingresado un nuevo dato vía serial desde la HMI.  
Continuar esperando el nuevo dato.

Caso contrario

Guardar el nuevo dato como PRIORIDAD TINTE10.

Si el TINTE11 está considerado en el color.

Si no han ingresado nuevos datos vía serial desde la HMI.  
Continuar esperando datos.

Caso contrario

Guardar los nuevos datos como PULSOS TINTE11 (3 registros).

Si no ha ingresado un nuevo dato vía serial desde la HMI.  
Continuar esperando el nuevo dato.

Caso contrario

Guardar el nuevo dato como PRIORIDAD TINTE11.

Si el TINTE12 está considerado en el color.

Si no han ingresado nuevos datos vía serial desde la HMI.  
Continuar esperando datos.

Caso contrario

Guardar los nuevos datos como PULSOS TINTE12 (3 registros).

Si no ha ingresado un nuevo dato vía serial desde la HMI.  
Continuar esperando el nuevo dato.

Caso contrario

Guardar el nuevo dato como PRIORIDAD TINTE12.

#### **ARRANQUE DEL MOTOR.**

Prender el motor que impulsa las bombas en velocidad baja.  
Esperar tiempo de 5 segundos para cambiar de velocidad.  
Pasar el motor a velocidad Alta.  
Esperar tiempo de 1 segundo para la apertura de válvulas.

#### **INICIO DE LA DOSIFICACION DE LOS TINTES.**

Abrir las válvulas de todos los tintes involucrados en el color.  
Encender el contador de pulsos externos del PIC.

#### **BUSCAR PRIORIDADES Y CUMPLIR CANTIDADES.**

La búsqueda de prioridades se realiza mientras no se termine la dosificación del color, y depende del número de tintes del color seleccionado. Por este motivo, el microprocesador, repite la siguiente subrutina hasta que se cierren todas las válvulas.

N significa la PRIORIDAD que se está buscando.

#### **PRIORIDAD N**

Si PRIORIDAD del tintel es igual a N.

Esperar a que se cumpla el número de pulsos del Encoder requeridos por el tintel.

Cerrar válvula del tintel.

Si todas las válvulas se encuentran cerradas.

Invocar FIN DE SUBROUTINA COLORES.

Caso contrario.

Incrementar N ( $N = N+1$ )

Iniciar subrutina PRIORIDAD N.

Si *PRIORIDAD* del tinte2 es igual a *N*.  
 Esperar a que se cumpla el número de pulsos del Encoder  
 requeridos por el tinte2.  
 Cerrar válvula del tinte2.  
 Si todas las válvulas se encuentran cerradas.  
   Invocar *FIN DE SUBROUTINA COLORES*.  
 Caso contrario.  
   Incrementar *N* ( $N = N+1$ )  
   Invocar subrutina *PRIORIDAD N*.

Si *PRIORIDAD* del tinte3 es igual a *N*.  
 Esperar a que se cumpla el número de pulsos del Encoder  
 requeridos por el tinte3.  
 Cerrar válvula del tinte3.  
 Si todas las válvulas se encuentran cerradas.  
   Invocar *FIN DE SUBROUTINA COLORES*.  
 Caso contrario.  
   Incrementar *N* ( $N = N+1$ )  
   Invocar subrutina *PRIORIDAD N*.

Si *PRIORIDAD* del tinte4 es igual a *N*.  
 Esperar a que se cumpla el número de pulsos del Encoder  
 requeridos por el tinte4.  
 Cerrar válvula del tinte4.  
 Si todas las válvulas se encuentran cerradas.  
   Invocar *FIN DE SUBROUTINA COLORES*.  
 Caso contrario.  
   Incrementar *N* ( $N = N+1$ )  
   Invocar subrutina *PRIORIDAD N*.

Si *PRIORIDAD* del tinte5 es igual a *N*.  
 Esperar a que se cumpla el número de pulsos del Encoder  
 requeridos por el tinte5.  
 Cerrar válvula del tinte5.  
 Si todas las válvulas se encuentran cerradas.  
   Invocar *FIN DE SUBROUTINA COLORES*.  
 Caso contrario.  
   Incrementar *N* ( $N = N+1$ )  
   Invocar subrutina *PRIORIDAD N*.

Si *PRIORIDAD* del tinte6 es igual a *N*.  
 Esperar a que se cumpla el número de pulsos del Encoder  
 requeridos por el tinte6.  
 Cerrar válvula del tinte6.  
 Si todas las válvulas se encuentran cerradas.  
   Invocar *FIN DE SUBROUTINA COLORES*.  
 Caso contrario.  
   Incrementar *N* ( $N = N+1$ )  
   Invocar subrutina *PRIORIDAD N*.

Si *PRIORIDAD* del tinte7 es igual a *N*.  
 Esperar a que se cumpla el número de pulsos del Encoder  
 requeridos por el tinte7.  
 Cerrar válvula del tinte7.  
 Si todas las válvulas se encuentran cerradas.  
   Invocar *FIN DE SUBROUTINA COLORES*.  
 Caso contrario.  
   Incrementar *N* ( $N = N+1$ )  
   Invocar subrutina *PRIORIDAD N*.

Si *PRIORIDAD* del tinte8 es igual a *N*.  
 Esperar a que se cumpla el número de pulsos del Encoder  
 requeridos por el tinte8.  
 Cerrar válvula del tinte8.  
 Si todas las válvulas se encuentran cerradas.  
   Invocar *FIN DE SUBROUTINA COLORES*.



Caso contrario.  
 Incrementar  $N$  ( $N = N+1$ )  
 Invocar subrutina PRIORIDAD  $N$ .

Si PRIORIDAD del tinte9 es igual a  $N$ .  
 Esperar a que se cumpla el número de pulsos del Encoder  
 requeridos por el tinte9.  
 Cerrar válvula del tinte9.  
 Si todas las válvulas se encuentran cerradas.  
 Invocar FIN DE SUBROUTINA COLORES.

Caso contrario.  
 Incrementar  $N$  ( $N = N+1$ )  
 Invocar subrutina PRIORIDAD  $N$ .

Si PRIORIDAD del tintel0 es igual a  $N$ .  
 Esperar a que se cumpla el número de pulsos del Encoder  
 requeridos por el tintel0.  
 Cerrar válvula del tintel0.  
 Si todas las válvulas se encuentran cerradas.  
 Invocar FIN DE SUBROUTINA COLORES.

Caso contrario.  
 Incrementar  $N$  ( $N = N+1$ )  
 Invocar subrutina PRIORIDAD  $N$ .

Si PRIORIDAD del tintell es igual a  $N$ .  
 Esperar a que se cumpla el número de pulsos del Encoder  
 requeridos por el tintell.  
 Cerrar válvula del tintell.  
 Si todas las válvulas se encuentran cerradas.  
 Invocar FIN DE SUBROUTINA COLORES.

Caso contrario.  
 Incrementar  $N$  ( $N = N+1$ )  
 Invocar subrutina PRIORIDAD  $N$ .

Si PRIORIDAD del tintel2 es igual a  $N$ .  
 Esperar a que se cumpla el número de pulsos del Encoder  
 requeridos por el tintel2.  
 Cerrar válvula del tintel2.  
 Si todas las válvulas se encuentran cerradas.  
 Invocar FIN DE SUBROUTINA COLORES.

Caso contrario.  
 Incrementar  $N$  ( $N = N+1$ )  
 Invocar subrutina PRIORIDAD  $N$ .

**FIN DE SUBROUTINA COLORES.**

Esperar 5 segundos.  
 Apagar contador de pulsos.  
 Pasar motor a baja velocidad.  
 Esperar tiempo 2 segundos para apagar el motor.  
 Apagar el motor.  
 Habilitar Interrupción Serial.  
 Regresar a la subrutina ESTADO DE REPOSO.

En el presente capítulo se han analizado los requerimientos básicos para el funcionamiento de la máquina, para luego diseñar el software acorde a las necesidades de la misma y de la empresa. El complemento del software de la HMI es el software del microcontrolador, los cuales trabajan conjuntamente para poder ejecutar las órdenes que el operador desee realizar.

El siguiente capítulo muestra las pruebas realizadas en la máquina implementando el hardware y el software en la máquina COLOR TREND.

## **CAPITULO 4**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

## 4.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es comprobar mediante pruebas el correcto funcionamiento del sistema electrónico acoplado a la planta tanto a nivel de software como de hardware.

## 4.2 DATOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS.

Para poder hacer las pruebas se debe proceder a calibrar en primera instancia todas las bombas. El propósito de esta calibración es determinar, para cada bomba, la cantidad de tinte que entrega por cada revolución del motor que la impulsa.

Para proceder a realizar las calibraciones se utilizó una balanza de precisión, proporcionada por el departamento técnico de la empresa; se usaron únicamente los ocho tintes pertenecientes a la línea Arquitectónica y no los de la línea DECORLAC debido a que en las pruebas se consume una considerable cantidad de tinte y los costos de fabricación de dichos tintes son muy elevados.

La calibración de las bombas, como se explicó en el Capítulo 3, se realiza purgando un tinte durante 3 segundos y luego dosificándolo durante 10 segundos. Luego, mediante operaciones matemáticas, se determina la cantidad de tinte por vuelta en gramos que da cada una de las mismas.

Se empezó por hacer varias pruebas de calibración con la finalidad de observar si había consistencia en los datos obtenidos. Estas pruebas dieron los resultados de la Tabla 4.1 siguiente.

3 de enero del 2005,

## CALIBRACIONES

### PRUEBA 1

TINTE	PESO (g)	CALIBRACION(g/vuelta)
Axx	173,16	0,2886
B	168,96	0,2816
C	279,9	0,4665
D	210,03	0,35
E	173,4	0,289
F	282,3	0,4705
Kx	148,68	0,2478
R	122,82	0,2047

### PRUEBA 2

TINTE	PESO (g)	CALIBRACION(g/vuelta)
Axx	172,74	0,2879
B	168,9	0,2815
C	278,7	0,4645
D	207,6	0,346
E	171,06	0,2851
F	279,9	0,4665
Kx	154,38	0,2573
R	124,62	0,2077

### PRUEBA 3

TINTE	PESO (g)	CALIBRACION(g/vuelta)
Axx	172,32	0,2872
B	169,08	0,2818
C	276,24	0,4604
D	204,6	0,341
E	168,36	0,2806
F	277,38	0,4623
Kx	156,66	0,2611
R	125,34	0,2089

Tabla 4.1. Pruebas de calibración

Con estos resultados se hizo un promedio de los datos obtenidos a los que se denominó "CALIBRACIONES INICIALES" y que se muestran en la Tabla 4.2.

## CALIBRACIONES INICIALES

TINTE	PESO (g)	CALIBRACION(g/vuelta)
Axx	172,72	0,2879
B	168,97	0,2816
C	278,3	0,4638
D	207,47	0,3458
E	170,95	0,2849
F	281,1	0,4685
Kx	153,26	0,2554
R	124,27	0,2071

Tabla 4.2. Calibraciones iniciales.

Cabe indicar que tal como se explicó en el Capítulo 3, los valores de calibraciones de las Tablas 4.1 y 4.2 se encuentran dosificando el tinte durante un tiempo correspondiente a 600 revoluciones y dividiendo el peso obtenido para 600 vueltas, con lo que se consigue el valor por cada revolución.

La empresa acepta un error en la dosificación de tintes, tanto individualmente como dentro de colores, de máximo 2%.

Tomando en consideración el rango de error que admite el proyecto se procedió a hacer varias pruebas dosificando diferentes pesos de tintes individualmente, obteniendo los resultados de la Tabla 4.3 siguiente.

3 de enero de 2005,

### Dosificación 100 g

#### PRUEBA 1

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	100	100,27	0,27
B	100	100,14	0,14
C	100	98,71	-1,29
D	100	98,9	-1,1
E	100	98,2	-1,8
F	100	97,6	-2,4
Kx	100	100,61	0,61
R	100	101,19	1,19

**PRUEBA 2**

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	100	100,2	0,2
B	100	99,91	-0,09
C	100	97,65	-2,35
D	100	97,95	-2,05
E	100	96,47	-3,53
F	100	97,2	-2,8
Kx	100	99,96	-0,04
R	100	101,38	1,38

**Dosificación 150 g****PRUEBA 1**

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	150	150,03	0,02
B	150	147,9	-1,4
C	150	149,7	-0,2
D	150	151,07	0,71
E	150	147,07	-1,95
F	150	145,23	-3,18
Kx	150	153,67	2,45
R	150	153,27	2,18

**PRUEBA 2**

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	150	150,2	0,13
B	150	148,2	-1,2
C	150	148,6	-0,93
D	150	152,3	1,53
E	150	146,5	-2,33
F	150	147,2	-1,87
Kx	150	152,33	1,55
R	150	152,9	1,93

Tabla. 4.3. Pruebas 1 de dosificación.

Como se puede observar en los datos de la Tabla 4.3, en varias bombas la calibración arroja resultados adecuados; es decir, que se tienen errores en la dosificación de pesos específicos de tinte que cumplen con lo que la Empresa espera. Sin embargo, para otras bombas, la calibración no es aceptable.

Se volvió a realizar las calibraciones de las bombas obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 4.4 siguiente.

TINTE	PESO (g)	CALIBRACIÓN (g/vuelta)
AXX	172,72	0,2879
B	165,3	0,2755
C	263,9	0,4397
D	196,2	0,327
E	157,1	0,2618
F	253,2	0,422
KX	149,8	0,2497
R	125,22	0,2087

Tabla 4.4 Prueba 2 de Calibración.

Con estas nuevas calibraciones se volvió a realizar pruebas de dosificación, para diferentes pesos, obteniendo los resultados de la Tabla 4.5 siguiente.

TINTE	100GRS	Erelativo 1 (%)	200GRS	Erelativo 2 (%)
AXX	101,6	1,6	202,8	1,4
B	100,2	0,2	201	0,5
C	104,7	4,7	205,1	2,55
D	106,6	6,6	205,8	2,9
E	108,8	8,8	209,5	4,75
F	112,3	12,3	208,7	4,35
KX	100	0	201,5	0,75
R	103,5	3,5	206,7	3,35
TINTE	500GRS	Erelativo 3 (%)	1000GRS	Erelativo 4 (%)
AXX	506,3	1,26	1010,7	1,07
B	509	1,8	990,8	-0,92
C	510,7	2,14	1019,9	1,99
D	507,1	1,42	1015,7	1,57
E	515,3	3,06	1019,9	1,99
F	528,9	5,78	1035,3	3,53
KX	485,6	-2,88	986,1	-1,39
R	514,7	2,94	1037,3	3,73

Tabla 4.5 Pruebas 2 de dosificación.

Se puede observar que los resultados no muestran repetitividad por lo que se procedió a analizar la situación para encontrar posibles causas del problema. El análisis señaló como posible causa que durante las pruebas las bombas aún no se encontraban totalmente purgadas; es decir, había en su interior aire que no permitía dosificar a la bomba en la misma cantidad siempre. Debido a esta



deducción se decidió, sacar el aire de las mangueras y volver a hacer las calibraciones.

Luego de estar seguros que las bombas se encontraban purgadas totalmente, se procedió a realizar nuevas calibraciones y pruebas obteniendo los resultados de las Tablas 4.6 y 4.7 siguientes.

4 de enero del 2005,

TINTE	PESO (g)	CALIBRACIONES(g/vuelta)
AXX	172,5	0,2875
B	164,2	0,2737
C	229,2	0,382
D	185,2	0,3087
E	145,1	0,2418
F	282,4	0,4707
KX	137,9	0,2298
R	125,6	0,2093

Tabla 4.6 Pruebas 3 de Calibración.

TINTE	100GRS	Erelativo 1 (%)	200GRS	Erelativo 2 (%)
AXX	100	0	200	0
B	99,8	-0,2	198,9	-0,55
C	99,3	-0,7	199,2	-0,4
D	99,6	-0,4	203,4	1,7
E	99,4	-0,6	199,2	-0,4
F	101,3	1,3	198,6	-0,7
KX	99,7	-0,3	201,5	0,75
R	99,5	-0,5	198,1	-0,95

TINTE	500GRS	Erelativo 3 (%)	1000GRS	Erelativo 4 (%)
AXX	499	-0,2	995,9	-0,41
B	495,5	-0,9	984,6	-1,54
C	496,5	-0,7	995	-0,5
D	502,3	0,46	1000,5	0,05
E	495	-1	990,1	-0,99
F	487,5	-2,5	987,7	-1,23
KX	491,2	-1,76	998,9	-0,11
R	488,6	-2,28	1048	4,8

Tabla 4.7 Pruebas 3 de dosificación.

Con estos valores se obtuvo una tabla de calibraciones base que se detalla a continuación. (Tabla 4.8)

TINTE	PESO (g)	CALIBRACION(g/vuelta)
Axx	172,5	0,2875
B	159,3	0,2655
C	214,98	0,3583
D	178,98	0,2983
E	142,98	0,2383
F	248,58	0,4143
Kx	142,8	0,238
R	121,2	0,202

Tabla 4.8 Calibraciones Base

Con las calibraciones finales obtenidas para las bombas, se realizaron varias pruebas dosificando distintas cantidades de tinte, de las que se obtuvieron los resultados que se muestran en las Tablas siguientes.

10 de enero del 2005,

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	650	642,7	1,12
B	650	644,4	0,86
C	650	666,4	-2,52
D	650	644,7	0,82
E	650	647,9	0,32
F	650	668,4	-2,83
Kx	650	642,6	1,14
R	650	637,2	1,97

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	500	494,3	1,14
B	500	495,6	0,88
C	500	500,6	-0,12
D	500	488,5	2,3
E	500	494,7	1,06
F	500	515,3	-3,06
Kx	500	501,8	-0,36
R	500	483,8	3,24

Tabla 4.9 Pruebas 4 de dosificación.

11 de enero del 2005,

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	650	647,3	0,42
B	650	646,7	0,51
C	650	670,15	-3,1
D	650	647,9	0,32
E	650	651,2	-0,18
F	650	672,3	-3,43
Kx	650	641,3	1,34
R	650	637,2	1,97

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	500	496,5	0,7
B	500	494,3	1,14
C	500	514,6	-2,92
D	500	493,6	1,28
E	500	494,7	1,06
F	500	515,3	-3,06
Kx	500	501,8	-0,36
R	500	492,3	1,54

Tabla 4.10 Pruebas 5 de dosificación.

12 de Enero del 2005,

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	300	300,1	-0,03
B	300	299,7	0,1
C	300	326,1	-8,7
D	300	306,5	-2,17
E	300	305,7	-1,9
F	300	281,5	6,17
Kx	300	297,9	0,7
R	300	300,7	-0,23

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	600	599	0,17
B	600	596,3	0,62
C	600	649,8	-8,3
D	600	608,8	-1,47
E	600	610,2	-1,7
F	600	556,9	7,18
Kx	600	598	0,33
R	600	602,1	-0,35

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	450	448,5	0,33
B	450	443,9	1,36
C	450	456,4	-1,42
D	450	453,5	-0,78
E	450	457,7	-1,71
F	450	445,2	1,07
Kx	450	443,3	1,49
R	450	435,6	3,2

Tabla 4.11 Pruebas 6 de dosificación.

13 de Enero del 2005,

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	200	202,2	-1,1
B	200	198,3	0,85
C	200	239,1	-19,55
D	200	218,5	-9,25
E	200	217,1	-8,55
F	200	203,7	-1,85
Kx	200	171,1	14,45
R	200	204	-2

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	300	298,1	0,63
B	300	295,4	1,53
C	300	305,8	-1,93
D	300	303,4	-1,13
E	300	304,8	-1,6
F	300	296,9	1,03
Kx	300	296,5	1,17
R	300	310,2	-3,4

Tabla 4.12 Pruebas 7 de dosificación.

14 de enero del 2005,

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	200	202	-1
B	200	198,3	0,85
C	200	238,5	-19,25
D	200	217,2	-8,6
E	200	216,2	-8,1
F	200	205,6	-2,8
Kx	200	171,6	14,2
R	200	209,3	-4,65

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	300	298,1	0,63
B	300	295,4	1,53
C	300	290,8	3,07
D	300	317	-5,67
E	300	319,3	-6,43
F	300	301,2	-0,4
Kx	300	296	1,33
R	300	312,8	-4,27

TINTE	PESO TEORICO (gr)	PESO REAL (gr)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	300	298,3	0,57
B	300	294,5	1,83
C	300	280,7	6,43
D	300	309,5	-3,17
E	300	317,3	-5,77
F	300	294,9	1,7
Kx	300	295,5	1,5
R	300	309,1	-3,03

Tabla 4.13 Pruebas 8 de dosificación.

Se puede observar, en las Tablas anteriores, que existen errores muy grandes que sobrepasan el límite máximo de error permitido por la empresa.

Buscando encontrar una explicación a la variación de los valores y consecuentemente los errores, se decidió graficar los resultados buscando alguna tendencia para lo cual se hicieron pruebas de 1000 gramos en todos los tintes, y se obtuvieron los siguientes resultados:

17 de enero del 2005,

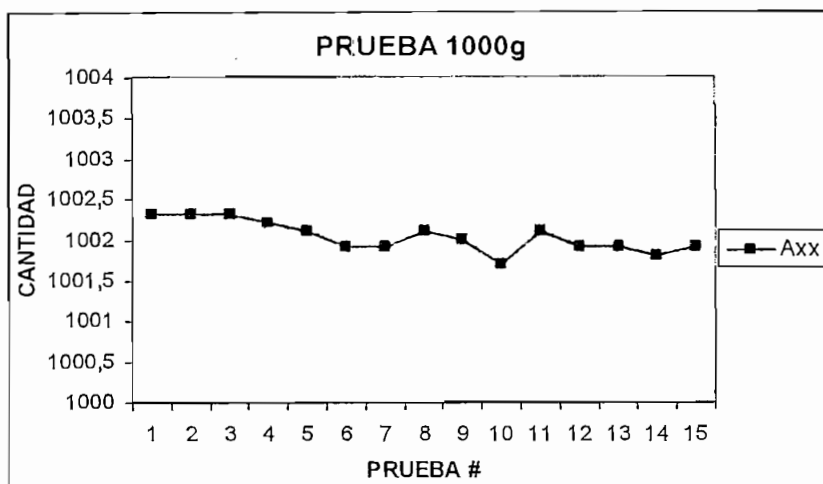


Figura 4.1 Tendencia tinte Axx

18 de enero del 2005,

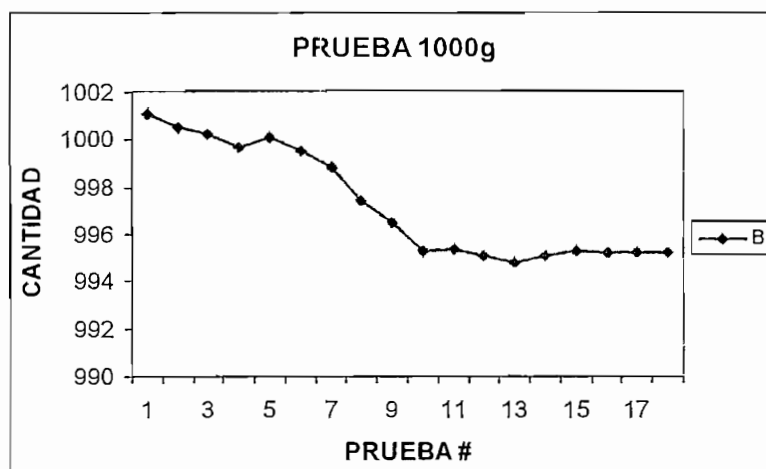


Figura 4.2 Tendencia tinte B

19 de enero del 2005,

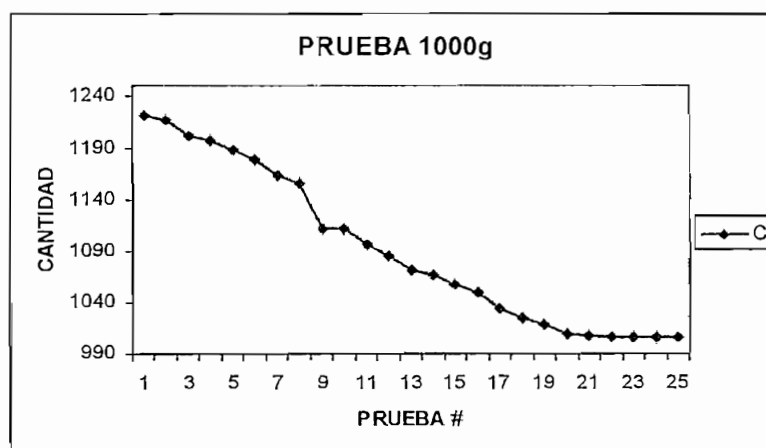


Figura 4.3 Tendencia tinte C

20 de enero del 2005,

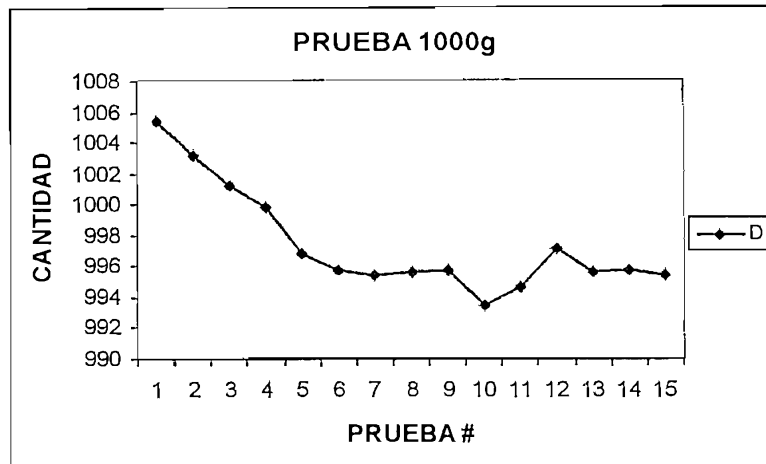


Figura 4.4 Tendencia tinte D

21 de enero del 2005,

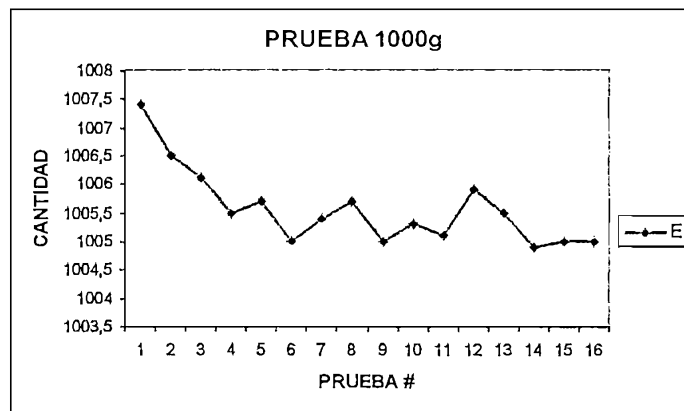


Figura 4.5 Tendencia tinte E

22 de enero del 2005,

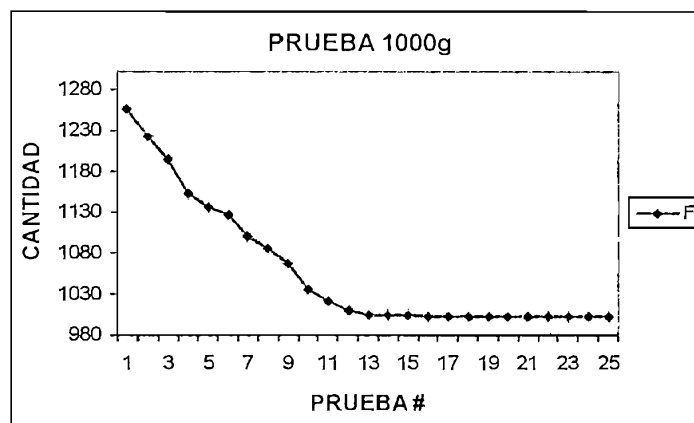


Figura 4.6 Tendencia tinte F

24 de enero del 2005,

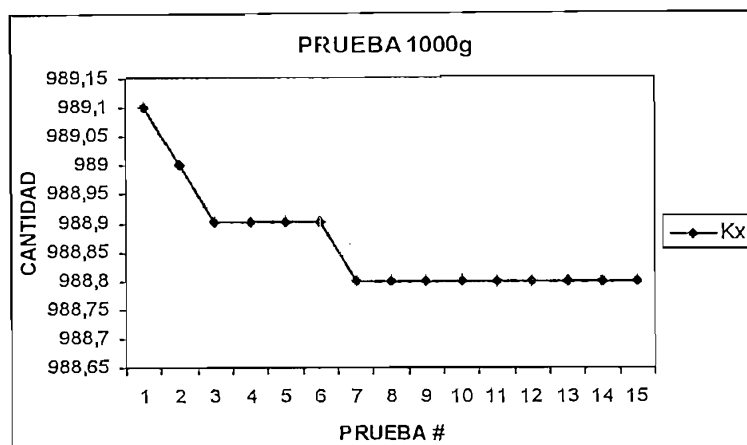


Figura 4.7 Tendencia tinte Kx

25 de enero del 2005,

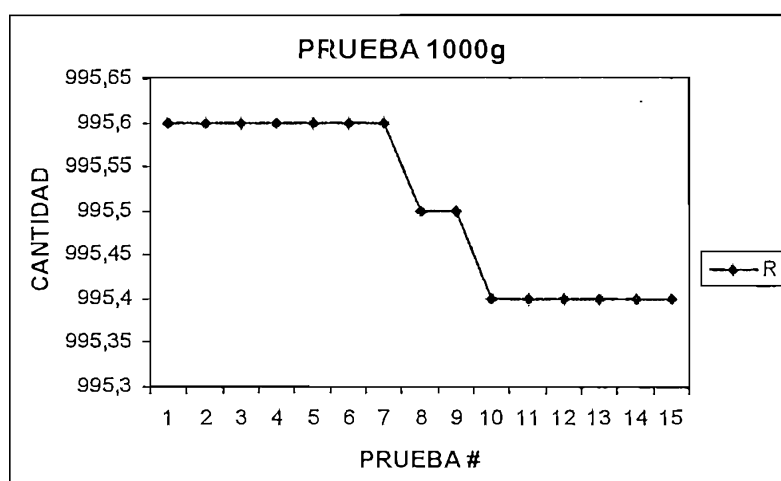


Figura 4.8 Tendencia tinte R

De los datos obtenidos, se puede observar una tendencia de las bombas a disminuir la cantidad de tinte que dosifican en cada una de las pruebas realizadas del mismo peso y en forma consecutiva.

Se observa, especialmente en las bombas de los tintes C y F cambios grandes en la cantidad dosificada de más de 200 gramos dentro de 25 pruebas consecutivas. Se dedujo que, al permanecer mucho tiempo en reposo, los sólidos que poseen los tintes se van asentando en el fondo de los tanques, por lo que, la región de tinte que se encuentra en la parte inferior del tanque tiene un valor de densidad mayor que la que se encuentra en la parte superior. Esto hace que, en las



primeras pruebas se dosifique la parte más densa del tinte obteniendo por lo tanto un valor mayor de peso que en las pruebas siguientes. Conforme van avanzando las pruebas, las bombas dosifican zonas menos densas del tinte por lo que la cantidad obtenida pesa menos a pesar de que la bomba dosifica el mismo número de revoluciones para todas las pruebas.

Los tintes C y F son los de mayor densidad por lo que el porcentaje de sólidos que poseen es mayor, es por esto que el problema se agudiza para estos dos tintes.

Para solucionar el problema, se ejecutó varias veces la opción *agitar los tintes* desde la HMI, antes de realizar nuevos ensayos, para lograr una consistencia homogénea de cada uno de los tintes. Los resultados obtenidos de estas nuevas pruebas se muestran en la Tabla 4.14 siguiente.

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	200	198,3	0,85
B	200	197,9	1,05
C	200	200,8	-0,4
D	200	201,3	-0,65
E	200	199,3	0,35
F	200	202,3	-1,15
Kx	200	197,6	1,2
R	200	198,8	0,6

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	300	298,1	0,63
B	300	295,4	1,53
C	300	301,1	-0,37
D	300	297,5	0,83
E	300	298,3	0,57
F	300	302,4	-0,8
Kx	300	296	1,33
R	300	298,1	0,63

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	400	397,4	0,65
B	400	395,4	1,15
C	400	401,6	-0,4
D	400	400,3	-0,075
E	400	400,1	-0,025
F	400	404,2	-1,05
Kx	400	394,6	1,35
R	400	397,6	0,6

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	500	497,6	0,48
B	500	495,1	0,98
C	500	501,1	-0,22
D	500	499,8	0,04
E	500	503,4	-0,68
F	500	499,9	0,02
Kx	500	493,5	1,3
R	500	497,5	0,5

Tabla 4.14 Pruebas 9 de dosificación.

Como se puede observar en la Tabla 4.14 anterior, los resultados obtenidos están dentro del margen de error permitido por la Empresa.

Con las pruebas mostradas en la Tabla anterior, se pudo confirmar la premisa de que los tintes tienden a asentarse. Es por esto que, se decidió realizar cambios en el Software del sistema para que los tintes sean agitados más frecuentemente mientras no se manipule la máquina. De estas pruebas nace además la recomendación a los operadores de agitar los tintes antes de realizar la tinturación de una pintura para evitar fallas en el color final.

Finalmente, se volvieron a realizar pruebas de repetitividad de los resultados cuando las bombas entregan una determinada cantidad de tinte, esta vez dosificando dos valores diferentes de peso y calculando los errores obtenidos. Los resultados se muestran en la Tabla 4.15 siguiente.

## REPETITIVIDAD

### PRUEBA 1

TINTE	PESO TEORICO(g)	PESO REAL 1 (g)	PESO REAL 2 (g)	PESO REAL 3 (g)	ERROR 1 (%)	ERROR 2 (%)	ERROR 3 (%)
AXX	200	196,7	197,9	197,5	1,65	1,05	1,25
B	200	198,9	200,1	198,8	0,55	-0,05	0,6
C	200	201,7	203,1	200,4	-0,85	-1,55	-0,2
D	200	198,3	199,2	199,5	0,85	0,4	0,25
E	200	199,7	200,1	199,9	0,15	-0,05	0,05
F	200	200,1	201,6	200,2	-0,05	-0,8	-0,1
KX	200	199,9	205	201,4	0,05	-2,5	-0,7
R	200	198	197,5	197,5	1	1,25	1,25

### PRUEBA 2

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL 1 (g)	PESO REAL 2 (g)	PESO REAL 3 (g)	ERROR 1 (%)	ERROR 2 (%)	ERROR 3 (%)
AXX	500	492	493	493,1	1,6	1,4	1,38
B	500	499,5	499,7	499,9	0,1	0,06	0,02
C	500	499,9	500,2	500,1	0,02	-0,04	-0,02
D	500	497,5	498,3	496,5	0,5	0,34	0,7
E	500	502,2	501,8	502,7	-0,44	-0,36	-0,54
F	500	501,5	501,7	501,9	-0,3	-0,34	-0,38
Kx	500	495,6	494,6	493,6	0,88	1,08	1,28
R	500	490,9	491,2	491,1	1,82	1,76	1,78

Tabla 4.15 Repetitividad de las bombas

Con los resultados satisfactorios obtenidos, se procedió a hacer pruebas dosificando diferentes volúmenes de colores. Los resultados se muestran en la Tabla 4.16 siguiente:

## COLORES

### 516

80 LITROS

PRUEBA 1

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
E	141	143,14	-1,52
R	141	140,84	0,11

PRUEBA 2

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
E	141	143,35	-1,67
R	141	140,28	0,51

### 6102

100 LITROS

PRUEBA 1

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
B	36	34,97	2,87
C	218	215,72	1,05

PRUEBA 2

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
B	36	34,66	3,72
C	218	219,94	-0,89

### CREADO 1

100 LITROS

PRUEBA 1

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
D	176	177,99	-1,13
Kx	176	174,3	0,97

PRUEBA 2

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
D	176	176,86	-0,49
Kx	176	174,5	0,85

### CREADO 2

100 LITROS

PRUEBA 1

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	176	175,21	0,45
F	176	174,09	1,09

PRUEBA 2

TINTE	PESO TEORICO (g)	PESO REAL (g)	ERROR RELATIVO (%)
Axx	176	175,33	0,38
F	176	175,3	0,40

Tabla 4.16 Pruebas de colores

Con estos últimos resultados se puede observar que para valores altos es posible obtener errores dentro del rango permitido, pero para valores menores a 100 gramos, el error aumenta, esto se debe principalmente a la velocidad de reacción de las electro-válvulas.

### 4.3 IDENTIFICACIÓN DE LIMITACIONES

Las pruebas realizadas sirvieron además para extraer las limitaciones que presenta el sistema en la dosificación de tintes, las mismas que se presentan a continuación:

- Este sistema fabrica colores utilizando una máquina que ya había sido usada durante un largo período de tiempo y que incluso había sido desechada de uno de los almacenes de Pinturas Cóndor. Esto quiere decir que las bombas y las válvulas, al estar muy desgastadas hacen difícil la producción correcta de los colores.

Por lo mismo, se decidió establecer como límite inferior en la calibración una disminución en un diez por ciento de los valores obtenidos experimentalmente.

TINTE	CALIBRACION(g/vuelta)	CALIBRACION MINIMA (g/vuelta)
AXX	0,2875	0,25875
B	0,2655	0,23895
C	0,3583	0,32247
D	0,2983	0,26847
E	0,2383	0,21447
F	0,4143	0,37287
KX	0,238	0,2142
R	0,202	0,1818

Tabla 4.17 Calibraciones mínimas

- El sistema de control funciona sobre la base de los pulsos que emite el encoder acoplado al motor que impulsa las bombas, en el momento que se dosifican los tintes para fabricar colores o individualmente. En teoría, el sistema de control debería ser capaz de dosificar una cantidad

correspondiente a un pulso, en otras palabras, la octava parte de una vuelta del motor, ya que es lo mínimo que el microprocesador puede contar. Sin embargo, esta cantidad es prácticamente imposible de ser dosificada, ya que implica tiempos demasiado pequeños de apertura de las electroválvulas, las cuales no actúan a esa velocidad. Además, la viscosidad de los tintes impide que fluyan inmediatamente luego de que la válvula ha sido abierta.

Para calcular el peso mínimo que se puede dosificar de un determinado tinte, se debe conocer el tiempo de respuesta de la electroválvula y la viscosidad del tinte en mención, pero aún así es difícil predecir el comportamiento de la válvula y el tinte en tiempos tan cortos de tiempo.

En la práctica, se encontró que las válvulas actúan a partir de los dos gramos, sin embargo, como se vió anteriormente, no puede asegurarse un error menor al 2% para cantidades menores a 100 gramos.

La experiencia del tinturador y la calibración que presenten las bombas en un determinado momento determinarán cuanto se puede pasar del límite inferior sin cometer errores, en el caso de necesitar cantidades pequeñas. Cabe indicar, sin embargo que el proyecto ha sido concebido pensando en dosificar colores en volúmenes entre tres mil y once mil litros, ya que la máquina va a trabajar en planta, por esta razón, no se considera como una limitación grave el hecho de no poder dosificar cantidades muy pequeñas con suficiente precisión.

- De la misma manera, existe una limitación en la máquina en cuanto a la cantidad máxima de tinte que puede dosificar. Este valor depende exclusivamente del número de pulsos máximo que puede contar el microprocesador, y es independiente del tiempo de apertura de las válvulas y de la viscosidad de los tintes.

Tal como se indicó en el Capítulo 3, el microprocesador consta internamente de un contador de pulsos externos que se almacenan en dos registros, pero

con el afán de satisfacer los requerimientos de la empresa de tinturar en volúmenes muy grandes se implementó un tercer registro al contador para ampliar su capacidad de conteo. Con este nuevo registro, el número máximo de pulsos que el PIC puede contar se incrementa a  $2^{24}$ , ya que cada registro es de ocho bits.

$$2^{24} = 16777216 \text{ pulsos}$$

Ec. 4.1.

La ecuación 4.1. representa 2097152 vueltas del motor, ya que en cada vuelta se generan ocho pulsos. Multiplicando este valor por las calibraciones de las bombas se puede obtener el valor del peso máximo que la máquina puede dosificar por cada tinte. Los valores de la Tabla 4.18

TINTE	NUMERO DE VUELTAS	CALIBRACION MINIMA(g/vuelta)	PESO MAXIMO(Kg)
AXX	2097152	0,25875	542,64
B	2097152	0,23895	501,11
C	2097152	0,32247	676,27
D	2097152	0,26847	563,02
E	2097152	0,21447	449,78
F	2097152	0,37287	781,97
KX	2097152	0,2142	449,21
R	2097152	0,1818	381,26

Tabla 4.18 Peso Máximo de Dosificación

Si las bombas no son reparadas a tiempo y se permite que la calibración pase por debajo del límite recomendado en este proyecto, los límites calculados anteriormente pierden validez.

- Otra limitación del proyecto, es la falta de sensores de nivel en los tanques que almacenan los tintes. Esto causa que la máquina sea factible de ser engañada por el usuario.

El sistema tiene en su memoria la cantidad de tinte en cada tanque, y la decremента mediante un algoritmo matemático cada vez que por algún motivo

sale tinte por el dispensador. Sin embargo, cuando se añade tinte a los tanques, la máquina no tiene forma alguna de saberlo, por lo que depende directamente de la persona que realiza la inserción de los tintes a los tanques de ingresar ese valor en el sistema. Esto representa un problema ya que se podría hacer que la máquina dosifique una cantidad mayor a la que posee, haciendo que las bombas trabajen en vacío, lo cual puede ocasionarles un daño.

Se asume que las personas encargadas de operar la máquina conocen de este problema y que se encargarán de mantener en el programa los valores de nivel correctos.

- Otra limitación importante radica en el hecho de que los tanques que contienen los doce tintes continúan siendo los que tenía la máquina cuando funcionaba dosificando colores a pequeña escala, es decir, volúmenes de cinco litros. Por tal motivo, aún no se pueden fabricar ciertos colores en grandes volúmenes, ya que las cantidades requeridas de tintes superan el volumen de los tanques aún estando llenos. Pinturas Cóndor se comprometió a cambiar dichos tanques por otros de mayor capacidad pero lastimosamente todavía no lo ha hecho. Esto sin embargo, es una restricción que no depende del diseño del sistema de control de la máquina, pero obliga a que el operador dosifique fracciones de la cantidad deseada del color hasta llegar al volumen final, llenando los tanques cada vez que se vacíen. Esta es una solución provisional hasta que se corrija este problema en forma definitiva.

Es así que, en este capítulo se ha analizado el funcionamiento del sistema de control adaptado a la máquina, el comportamiento de las bombas, así como también la identificación de las limitaciones que posee el proyecto.

En el siguiente Capítulo se analizará la influencia de la máquina en el proceso de fabricación y en los costes de los productos que fabrica la empresa, así también se analizará las proyecciones de la empresa con el incremento de la producción y la ayuda de la máquina COLOR TREND en el proceso de fabricación.



## CAPITULO 5

### ANALISIS DE COSTOS

## **5.1 INTRODUCCION**

Como se explicó en el Capítulo 1, la tinturación de las bases elaboradas se la realiza de acuerdo a una fórmula para cada color, en la que se especifican los tintes con sus porcentajes necesarios. Esta dosificación de tintes es realizada en forma manual por personal de la empresa. Pero, debido a errores propios de la dosificación manual, solo se llega al color deseado después de varios ajustes, añadiendo en ocasiones, cantidades de tinte fuera de fórmula, adicionalmente, la cantidad de ensayos que el operador debe realizar para alcanzar el color provocan un aumento en el tiempo de fabricación de la pintura. Estos dos factores producen un incremento en el costo final de producción del producto.

Como consecuencia de la adaptación de la máquina COLORTREND, con el nuevo sistema incorporado, al proceso de fabricación de pinturas en planta, se proyecta una reducción en los costos de producción de pinturas, disminuyendo el tiempo de tinturación y reduciendo en gran parte la adición de tintes fuera de fórmula.

Para la fabricación de colores en la línea Arquitectónica se utilizan tintes comprados en forma líquida por la empresa, en contraste, para la línea Decorlac, la empresa almacena los tintes en estado sólido y fabrica los tintes líquidos cada vez que se desea producir un color de dicha línea.

Para la realización de este proyecto, Pinturas Cóndor colaboró con la fabricación de los tintes para esta línea en estado líquido, garantizando la estabilidad suficiente para poderlos almacenar en los tanques de la máquina. Este factor también influye en el costo final del producto como se podrá apreciar en el análisis siguiente.

## **5.2 ANALISIS DE COSTOS.**

Para determinar el costo de elaborar un determinado producto, Pinturas Cóndor utiliza un proceso que está dado por órdenes de producción y costos estándares

de las materias primas que se usan para fabricar dichos productos; los costos estándares son impuestos a inicios de año y solo se cambian si en realidad es necesario, estos cambios pueden originarse debido a fluctuaciones de precios a nivel internacional. A este proceso se denomina *PROCESO DE COSTEO O COSTOS DEL PRODUCTO*.

Vale aclarar que, en este análisis de costos, por cuestiones de reserva de la empresa, no se emplean los nombres propios de los materiales que componen las fórmulas de producción.

El objetivo de la empresa, mediante la utilización de la nueva máquina COLOR TREND en planta, es lograr un incremento de la producción, disminuyendo los costos de fabricación y por consiguiente aumentando la utilidad para la empresa.

El presente estudio de costos está basado en 3 productos de la línea DECORLAC de Pinturas Cóndor, de la que se espera la mayor utilidad con la utilización del nuevo sistema. Este análisis muestra la diferencia de costos en producir un mismo color usando el método tradicional y con la ayuda de la nueva máquina COLOR TREND.

### **5.2.1 COMPARACION DEL COSTO ESTÁNDAR CON EL ENSAYO.**

Antes de describir los cuadros de costos, se debe entender que costo estándar es el *PROCESO DE COSTEO* de un producto manufacturado sin la utilización de la máquina, y costo ensayo es el *PROCESO DE COSTEO* de un producto manufacturado utilizando la máquina COLOR TREND con el nuevo sistema incorporado.

La Tabla 5.1 muestra los costos de materiales utilizados en la fabricación del color 856 A, los costos de operación y los tiempos utilizados en cada etapa del proceso, para producir un litro del color sin la utilización del nuevo sistema. Hay que tomar en cuenta que para fabricar un color, en el caso particular del producto 856 A, se

necesitan varias materias primas así como varios procesos manuales que ejecuta el operador.

<b>CALCULO DEL PRECIO DE COSTO POR ARTICULO ESTANDAR</b>				
Artículo :	856 A			
<b>COSTO DE MATERIALES</b>				
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.UNIT</b>	<b>IMPORTE NETO</b>
A	Material A	0,03	1,3167	0,0395
B	Material B	0,46	1,2520	0,5759
C	Material C	0,20	1,6145	0,3229
D	Material D	0,07	2,1714	0,1520
E	Material E	0,05	1,2640	0,0632
F	Material F	0,12	1,2933	0,1552
G	Material G	0,01	1,2500	0,0125
H	Material H	0,06	5,1250	0,3075
<b>SUBTOTAL (1)</b>				<b>1,6287</b>
<b>COSTO DE OPERACIÓN</b>				
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>IMPORTE NETO</b>	
I	Recepción Materia Prima	0,002	0,0010	
J	Predispersión	0,024	0,0067	
K	Dilución	0,017	0,0048	
L	Manufactura Pinturas	0,024	0,0136	
<b>SUBTOTAL (2)</b>			<b>0,067</b>	<b>0,0261</b>
<b>TOTAL</b>				<b>1,6548</b>

Tabla 5.1 Costo estándar del producto 856 A por artículo.

En la Tabla 5.1, los “costos de los materiales” se refieren a las materias primas que se usan para crear el color, mientras que los “costos de operación” cuantifican las etapas del proceso en tiempo y dinero.

Dentro de los materiales señalados en la Tabla 5.1, se encuentran las materias primas sólidas necesarias para fabricar los tintes líquidos de la línea Decorlac, además se incluyen los tintes fuera de fórmula que fueron utilizados para la

obtención de ese color en particular. Para la preparación de los tintes líquidos se utiliza el proceso llamado PREDISPERSION que se describe en los costos de operación.

La Tabla 5.2 muestra igualmente, los costos de fabricar un litro del producto 856 A utilizando el nuevo sistema incorporado a la máquina COLORTREND.

<b><u>CALCULO DEL PRECIO DE COSTO POR ARTICULO ENSAYO</u></b>				
Artículo :	856 A			
<b><u>COSTO DE MATERIALES</u></b>				
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.UNIT</b>	<b>IMPORTE NETO</b>
A	Ensayo A	0,96	1,3388	1,2852
B	Ensayo B	0,01	1,8100	0,0181
C	Ensayo C	0,01	8,7800	0,0878
D	Ensayo D	0,01	15,9000	0,1590
<b>SUBTOTAL (1)</b>				<b>1,5501</b>
<b><u>COSTO DE OPERACIÓN</u></b>				
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>IMPORTE NETO</b>	
I	Recepción Materia Prima	0,003	0,0019	
K	Dilución	0,027	0,0075	
L	Manufactura Pinturas	0,017	0,0094	
<b>SUBTOTAL (2)</b>			<b>0,047</b>	<b>0,0188</b>
<b>TOTAL</b>				<b>1,5689</b>

Variación Absoluta en Costo del Artículo	0,0859
Variación Relativa en Costo del Artículo	5,19%

Tabla 5.2 Costo ensayo del producto 856 A por artículo.

Como se puede observar en la Tabla 5.2, los materiales usados para conseguir el mismo color cambian. Esto se debe a que los materiales a los que se hace referencia en la Tabla 5.1 son cambiados por tintes líquidos almacenados en la máquina COLOR TREND a los que se los denominó ENSAYOS, además

disminuyeron los tintes añadidos fuera de fórmula. Este hecho, produce un decremento de los costos de materiales.

Se puede apreciar que los costos de operación también disminuyeron debido a que el tiempo de manufactura de la pintura es menor con la utilización de la máquina COLOR TREND, y además ya no se tiene la predispersión, debido a que los tintes líquidos fueron previamente elaborados y se encontraban almacenados en la máquina.

Como resultado de comparar ambas tablas, se tiene que la variación relativa en costo del artículo es del 5.19%.

El mismo análisis anterior se aplica para los otros dos productos restantes.

<b><u>CALCULO DEL PRECIO DE COSTO POR ARTICULO ESTANDAR</u></b>				
Artículo :	855 A			
<b><u>COSTO DE MATERIALES</u></b>				
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.UNIT</b>	<b>IMPORTE NETO</b>
A	Material A	0,03	1,3167	0,0395
B	Material B	0,47	1,2372	0,5815
C	Material C	0,20	1,6360	0,3272
D	Material D	0,07	2,1414	0,1499
E	Material E	0,06	1,0909	0,0600
F	Material F	0,12	1,2683	0,1522
G	Material G	0,01	1,2500	0,0125
H	Material H	0,04	8,3475	0,3339
<b>SUBTOTAL (1)</b>				<b>1,6567</b>
<b><u>COSTO DE OPERACIÓN</u></b>				
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>IMPORTE NETO</b>	
I	Recepción Materia Prima	0,003	0,0019	
J	Predispersión	0,021	0,0058	
K	Dilución	0,021	0,0058	
L	Manufactura Pinturas	0,024	0,0136	
<b>SUBTOTAL (2)</b>			<b>0,069</b>	<b>0,0271</b>
<b>TOTAL</b>				<b>1,6838</b>

Tabla 5.3 Costo estándar del producto 855 A por artículo.

<b><u>CALCULO DEL PRECIO DE COSTO POR ARTICULO ENSAYO</u></b>				
Artículo :	855 A			
<b><u>COSTO DE MATERIALES</u></b>				
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.UNIT</b>	<b>IMPORTE NETO</b>
A	Ensayo A	0,95	1,3519	1,2843
B	Ensayo B	0,01	5,4300	0,0543
C	Ensayo C	0,01	0,9600	0,0096
D	Ensayo D	0,01	10,5700	0,1057
E	Ensayo E	0,01	12,0100	0,1201
<b>SUBTOTAL (1)</b>				<b>1,5740</b>
<b><u>COSTO DE OPERACIÓN</u></b>				
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>IMPORTE NETO</b>	
I	Recepción Materia Prima	0,003	0,0019	
K	Dilución	0,027	0,0075	
L	Manufactura Pinturas	0,017	0,0094	
<b>SUBTOTAL (2)</b>			<b>0,047</b>	<b>0,0188</b>
<b>TOTAL</b>				<b>1,5928</b>

Variación Absoluta en Costo del Artículo	0,0910
Variación Relativa en Costo del Artículo	5,40%

Tabla 5.4 Costo ensayo del producto 855 A por artículo.

Las Tablas 5.3 y 5.4 muestran los costos para el producto 855 A, en estas se puede apreciar una reducción relativa de los costos del 5.4% con la utilización de la máquina.

Para el artículo 858 A, los costos de fabricación son los siguientes:

<b>CALCULO DEL PRECIO DE COSTO POR ARTICULO ESTANDAR</b>				
Artículo :	858 A			
<b><u>COSTO DE MATERIALES</u></b>				
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.UNIT</b>	<b>IMPORTE NETO</b>
A	Material A	0,03	1,1833	0,0355
B	Material B	0,04	12,3814	0,5324
C	Material C	0,02	16,4778	0,2966
D	Material D	0,06	2,2767	0,1366
E	Material E	0,11	1,2382	0,1362
F	Material F	0,11	1,2482	0,1373
G	Material G	0,21	0,1005	0,0211
H	Material H	0,20	1,8980	0,3796
<b>SUBTOTAL (1)</b>				<b>1,6753</b>
<b><u>COSTO DE OPERACIÓN</u></b>				
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>IMPORTE NETO</b>	
I	Recepción Materia Prima	0,002	0,0010	
J	Predispersión	0,031	0,0086	
K	Dilución	0,041	0,0115	
L	Manufactura Pinturas	0,021	0,0117	
<b>SUBTOTAL (2)</b>			<b>0,095</b>	<b>0,0328</b>
<b>TOTAL</b>				<b>1,7081</b>

Tabla 5.5 Costo estándar del producto 858 A por artículo.



<b>CALCULO DEL PRECIO DE COSTO POR ARTICULO ENSAYO</b>				
Artículo :	858 A			
<b>COSTO DE MATERIALES</b>				
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C.UNIT</b>	<b>IMPORTE NETO</b>
A	Ensayo A	0,95	1,3492	1,2817
B	Ensayo B	0,01	5,0300	0,0503
C	Ensayo C	0,01	13,1800	0,1318
D	Ensayo D	0,01	15,4100	0,1541
<b>SUBTOTAL (1)</b>				<b>1,6179</b>
<b>COSTO DE OPERACIÓN</b>				
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>IMPORTE NETO</b>	
I	Recepción Materia Prima	0,003	0,0019	
K	Dilución	0,027	0,0075	
L	Manufactura Pinturas	0,017	0,0094	
<b>SUBTOTAL (2)</b>			<b>0,047</b>	<b>0,0188</b>
<b>TOTAL</b>				<b>1,6367</b>

Variación Absoluta en Costo del Artículo	0,0714
Variación Relativa en Costo del Artículo	4,18%

Tabla 5.6 Costo ensayo del producto 858 A por artículo.

Para el producto 858 A se encontró una disminución relativa del 4.18%, como se puede apreciar en las Tablas 5.5 y 5.6.

### 5.2.2 CUADRO DE INGRESOS Y COSTOS

Para la realización del cuadro Presupuesto de Ingresos (Tabla 5.7), la empresa ha proyectado un incremento mensual de las ventas del 5% durante un año. Este incremento puede variar debido a los requerimientos del mercado. En los cuadros siguientes, la cantidad vendida Q parte de un valor real de ventas para el mes de Enero del 2005.

El Cuadro de ingresos considera un precio de venta de los tres productos a 3 dólares por cada litro, el mismo que no sufre ningún incremento durante el año considerado. La Tabla 5.7 muestra el Presupuesto de Ingresos de los tres productos para el año 2005.

## **PINTURAS CONDOR S.A.**

### **PRESUPUESTO DE INGRESOS**

EN DOLARES  
DEL 2005

RUBROS / AÑOS	Enero			Febrero			Marzo		
	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL
856 A	9.091,00	3,00	27.273,00	9.546,00	3,00	28.638,00	10.023,00	3,00	30.069,00
858 A	9.091,00	3,00	27.273,00	9.546,00	3,00	28.638,00	10.023,00	3,00	30.069,00
855 A	9.091,00	3,00	27.273,00	9.546,00	3,00	28.638,00	10.023,00	3,00	30.069,00
<b>TOTAL</b>			81.819,00			85.914,00			90.207,00

RUBROS / AÑOS	Abril			Mayo			Junio		
	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL
856 A	10524,00	3,00	31572,00	11050,00	3,00	33150,00	11603,00	3,00	34809,00
858 A	10524,00	3,00	31572,00	11050,00	3,00	33150,00	11603,00	3,00	34809,00
855 A	10524,00	3,00	31572,00	11050,00	3,00	33150,00	11603,00	3,00	34809,00
<b>TOTAL</b>			94716,00			99450,00			104427,00

RUBROS / AÑOS	Julio			Agosto			Septiembre		
	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL
856 A	12183,00	3,00	36549,00	12792,00	3,00	38376,00	13432,00	3,00	40296,00
858 A	12183,00	3,00	36549,00	12792,00	3,00	38376,00	13432,00	3,00	40296,00
855 A	12183,00	3,00	36549,00	12792,00	3,00	38376,00	13432,00	3,00	40296,00
<b>TOTAL</b>			109647,00			115128,00			120888,00

RUBROS / AÑOS	Octubre			Noviembre		
	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL
856 A	14104,00	3,00	42312,00	14809,00	3,00	44427,00
858 A	14104,00	3,00	42312,00	14809,00	3,00	44427,00
855 A	14104,00	3,00	42312,00	14809,00	3,00	44427,00
<b>TOTAL</b>			126936,00			133281,00

Tabla 5.7 Cuadro de ingresos para el 2005.

Como se puede apreciar en la Tabla anterior, los ingresos mes a mes se van incrementando debido al aumento previsto de la demanda de los productos.

Entonces, esta tabla representa el dinero que ingresará por concepto de venta de los productos 858 A, 856 A y 855 A.

Para la siguiente tabla, se toman como referencia los costos de fabricación calculados para los tres productos en las Tablas 5.1 hasta la Tabla 5.6, los cuales no sufren ninguna variación durante el año. Al igual que en el Presupuesto de Ingresos, se prevé un incremento mensual de la producción del 5% para cada producto.

Las Tablas 5.8 y 5.9 muestran los costos de fabricación de los productos, utilizando el costo estándar y el costo ensayo para el año 2005.

## **PINTURAS CONDOR S.A.**

### **PRESUPUESTO DE COSTOS ESTANDARES**

EN DOLARES  
DEL 2005

RUBROS / AÑOS	Enero			Febrero			Marzo		
	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL
856 A	9.091,00	1,65	15.043,79	9.546,00	1,65	15.796,72	10.023,00	1,65	16.586,06
858 A	9.091,00	1,71	15.528,34	9.546,00	1,71	16.305,52	10.023,00	1,71	17.120,29
855 A	9.091,00	1,68	15.307,43	9.546,00	1,68	16.073,55	10.023,00	1,68	16.876,73
<b>TOTAL</b>			45.879,55			48.175,80			50.583,07

RUBROS / AÑOS	Abril			Mayo			Junio		
	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL
856 A	10.524,00	1,65	17.415,12	11.050,00	1,65	18.285,54	11.603,00	1,65	19.200,64
858 A	10.524,00	1,71	17.976,04	11.050,00	1,71	18.874,51	11.603,00	1,71	19.819,08
855 A	10.524,00	1,68	17.720,31	11.050,00	1,68	18.605,99	11.603,00	1,68	19.537,13
<b>TOTAL</b>			53.111,47			55.766,04			58.556,86

RUBROS / AÑOS	Julio			Agosto			Septiembre		
	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL
856 A	12.183,00	1,65	20.160,43	12.792,00	1,65	21.168,20	13.432,00	1,65	22.227,27
858 A	12.183,00	1,71	20.809,78	12.792,00	1,71	21.850,02	13.432,00	1,71	22.943,20
855 A	12.183,00	1,68	20.513,74	12.792,00	1,68	21.539,17	13.432,00	1,68	22.616,80
<b>TOTAL</b>			61.483,95			64.557,39			67.787,27

RUBROS / AÑOS	Octubre			Noviembre		
	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL
856 A	14.104,00	1,65	23.339,30	14.809,00	1,65	24.505,93
858 A	14.104,00	1,71	24.091,04	14.809,00	1,71	25.295,25
855 A	14.104,00	1,68	23.748,32	14.809,00	1,68	24.935,39
<b>TOTAL</b>			71.178,66			74.736,58

Tabla 5.8 Cuadro de costos estándar

# PINTURAS CONDOR S.A.

## PRESUPUESTO DE COSTOS ENSAYO

EN DOLARES  
DEL 2005

RUBROS / AÑOS	Enero			Febrero			Marzo		
	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL
856 A	9.091,00	1,57	14.262,87	9.546,00	1,57	14.976,72	10.023,00	1,57	15.725,08
858 A	9.091,00	1,64	14.879,24	9.546,00	1,64	15.623,94	10.023,00	1,64	16.404,64
855 A	9.091,00	1,59	14.480,14	9.546,00	1,59	15.204,87	10.023,00	1,59	15.964,63
<b>TOTAL</b>			43.622,25			45.805,53			48.094,36

RUBROS / AÑOS	Abril			Mayo			Junio		
	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL
856 A	10.524,00	1,57	16.511,10	11.050,00	1,57	17.336,35	11.603,00	1,57	18.203,95
858 A	10.524,00	1,64	17.224,63	11.050,00	1,64	18.085,54	11.603,00	1,64	18.990,63
855 A	10.524,00	1,59	16.762,63	11.050,00	1,59	17.600,44	11.603,00	1,59	18.481,26
<b>TOTAL</b>			50.498,36			53.022,32			55.675,84

RUBROS / AÑOS	Julio			Agosto			Septiembre		
	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL
856 A	12.183,00	1,57	19.113,91	12.792,00	1,57	20.069,37	13.432,00	1,57	21.073,46
858 A	12.183,00	1,64	19.939,92	12.792,00	1,64	20.936,67	13.432,00	1,64	21.984,15
855 A	12.183,00	1,59	19.405,08	12.792,00	1,59	20.375,10	13.432,00	1,59	21.394,49
<b>TOTAL</b>			58.458,91			61.381,13			64.452,11

RUBROS / AÑOS	Octubre			Noviembre		
	Q	P/U	TOTAL	Q	P/U	TOTAL
856 A	14.104,00	1,57	22.127,77	14.809,00	1,57	23.233,84
858 A	14.104,00	1,64	23.084,02	14.809,00	1,64	24.237,89
855 A	14.104,00	1,59	22.464,85	14.809,00	1,59	23.587,78
<b>TOTAL</b>			67.676,63			71.059,51

Tabla 5.9 Cuadro de costos Ensayo

Los costos de producción, tanto estándares como ensayos, dados en las Tablas 5.8 y 5.9 son menores que el presupuesto de ingresos mostrado en la Tabla 5.7.

La diferencia entre estos valores constituye la utilidad para la empresa, la cual se analiza en el siguiente subcapítulo.

### 5.2.3 FLUJO DE CAJA PARA LOS CASOS ESTÁNDAR Y ENSAYO.

El flujo de caja muestra la utilidad neta que resulta de producir un color, éste resume los gastos invertidos en el proceso de producción llamado "COSTOS DE PRODUCCIÓN" y los ingresos obtenidos en "VENTAS", para calcular utilidades. Las Tablas 5.10 y 5.11 muestran los flujos de caja estándar y del ensayo.

**PINTURAS CONDOR**  
**FLUJO DE CAJA PROYECTADO ESTÁNDAR**  
 Enero – Noviembre

RUBROS / AÑOS	0	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
VENTAS		81.819,00	85.914,00	90.207,00	94.716,00	99.450,00
(-) Costos de producción		45.879,55	48.175,80	50.583,07	53.111,47	55.766,04
(-) Deterioro Construcciones		23,33	23,33	23,33	23,33	23,33
(-) Depreciación Equipos		27,78	27,78	27,78	27,78	27,78
<b>(=) Utilidad antes de rep. Utilidades</b>		<b>35.888,34</b>	<b>37.687,09</b>	<b>39.572,81</b>	<b>41.553,42</b>	<b>43.632,85</b>
(-) Particip. Trabajadores		5.383,25	5.653,06	5.935,92	6.233,01	6.544,93
<b>(=) Utilidad antes de impuesto</b>		<b>30.505,09</b>	<b>32.034,03</b>	<b>33.636,89</b>	<b>35.320,40</b>	<b>37.087,93</b>
(-) Impuesto		7.626,27	8.008,51	8.409,22	8.830,10	9.271,98
<b>(=) Utilidad neta</b>		<b>22.878,82</b>	<b>24.025,52</b>	<b>25.227,67</b>	<b>26.490,30</b>	<b>27.815,94</b>
(+) Depreciaciones y deterioros		13.060,63	13.712,68	14.396,26	15.114,23	15.868,02
(-) Edificios y Construcciones	2.800,00					
(-) Equipos de Computación	1.000,00					
(-) Imprevistos 5%	190,00					
<b>Flujo neto de caja</b>	<b>-3.990,00</b>	<b>35.939,45</b>	<b>37.738,20</b>	<b>39.623,93</b>	<b>41.604,53</b>	<b>43.683,97</b>

<b>RUBROS / AÑOS</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>
VENTAS	104.427,00	109.647,00	115.128,00	120.888,00	126.936,00	133.281,00
(-) Costos de producción	58.556,86	61.483,95	64.557,39	67.787,27	71.178,66	74.736,58
(-) Deterioro Construcciones	23,33	23,33	23,33	23,33	23,33	23,33
(-) Depreciación Equipos	27,78	27,78	27,78	27,78	27,78	27,78
<b>(=) Utilidad antes de rep. Utilidades</b>	<b>45.819,03</b>	<b>48.111,94</b>	<b>50.519,50</b>	<b>53.049,61</b>	<b>55.706,23</b>	<b>58.493,31</b>
(-) Particip. Trabajadores	6.872,85	7.216,79	7.577,93	7.957,44	8.355,93	8.774,00
<b>(=) Utilidad antes de impuesto</b>	<b>38.946,17</b>	<b>40.895,15</b>	<b>42.941,58</b>	<b>45.092,17</b>	<b>47.350,30</b>	<b>49.719,31</b>
(-) Impuesto	9.736,54	10.223,79	10.735,39	11.273,04	11.837,57	12.429,83
<b>(=) Utilidad neta</b>	<b>29.209,63</b>	<b>30.671,36</b>	<b>32.206,18</b>	<b>33.819,13</b>	<b>35.512,72</b>	<b>37.289,48</b>
(+) Depreciaciones y Deterioros	16.660,51	17.491,69	18.364,43	19.281,60	20.244,62	21.254,94
(-) Edificios y Construcciones						
(-) Equipos de Computación						
(-) Imprevistos 5%						
<b>Flujo neto de caja</b>	<b>45.870,14</b>	<b>48.163,05</b>	<b>50.570,61</b>	<b>53.100,73</b>	<b>55.757,34</b>	<b>58.544,42</b>

Tabla 5.10 Flujo de Caja Estándar

**PINTURAS CONDOR**  
**FLUJO DE CAJA PROYECTADO ENSAYO**  
 Enero – Noviembre

<b>RUBROS / AÑOS</b>	<b>0</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>
VENTAS		81.819,00	85.914,00	90.207,00	94.716,00	99.450,00
(-) Costos de producción		43.622,25	45.805,53	48.094,36	50.498,36	53.022,32
(-) Deterioros Construcciones		23,33	23,33	23,33	23,33	23,33
(-) Depreciación Equipos		27,78	27,78	27,78	27,78	27,78
<b>(=) Utilidad antes de rep. Utilidades</b>		<b>38.145,63</b>	<b>40.057,36</b>	<b>42.061,53</b>	<b>44.166,53</b>	<b>46.376,57</b>
(-) Particip. Trabajadores		5.721,85	6.008,60	6.309,23	6.624,98	6.956,49
<b>(=) Utilidad antes de impuesto</b>		<b>32.423,79</b>	<b>34.048,76</b>	<b>35.752,30</b>	<b>37.541,55</b>	<b>39.420,08</b>
(-) Impuesto		8.105,95	8.512,19	8.938,07	9.385,39	9.855,02
<b>(=) Utilidad neta</b>		<b>24.317,84</b>	<b>25.536,57</b>	<b>26.814,22</b>	<b>28.156,16</b>	<b>29.565,06</b>
(+) Depreciaciones y Deterioros		13.878,90	14.571,91	15.298,41	16.061,48	16.862,62
(-) Edificios y Construcciones	2.800,00					
(-) Equipos de Computación	1.000,00					
(-) Imprevistos 5%	190,00					
<b>Flujo neto de caja</b>	<b>-3.990,00</b>	<b>38.196,75</b>	<b>40.108,47</b>	<b>42.112,64</b>	<b>44.217,64</b>	<b>46.427,68</b>

RUBROS / AÑOS	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
VENTAS	104.427,00	109.647,00	115.128,00	120.888,00	126.936,00	133.281,00
(-) Costos de producción	55.675,84	58.458,91	61.381,13	64.452,11	67.676,63	71.059,51
(-) Deterioros Construcciones	23,33	23,33	23,33	23,33	23,33	23,33
(-) Depreciación Equipos	27,78	27,78	27,78	27,78	27,78	27,78
<b>(=) Utilidad antes de rep. Utilidades</b>	<b>48.700,05</b>	<b>51.136,98</b>	<b>53.695,76</b>	<b>56.384,78</b>	<b>59.208,25</b>	<b>62.170,38</b>
(-) Particip. Trabajadores	7.305,01	7.670,55	8.054,36	8.457,72	8.881,24	9.325,56
<b>(=) Utilidad antes de impuesto</b>	<b>41.395,05</b>	<b>43.466,43</b>	<b>45.641,39</b>	<b>47.927,06</b>	<b>50.327,02</b>	<b>52.844,83</b>
(-) Impuesto	10.348,76	10.866,61	11.410,35	11.981,77	12.581,75	13.211,21
<b>(=) Utilidad neta</b>	<b>31.046,28</b>	<b>32.599,83</b>	<b>34.231,04</b>	<b>35.945,30</b>	<b>37.745,26</b>	<b>39.633,62</b>
(+) Depreciaciones y Deterioros	17.704,88	18.588,27	19.515,82	20.490,59	21.514,10	22.587,88
(-) Edificios y Construcciones						
(-) Equipos de Computación						
(-) Imprevistos 5%						
<b>Flujo neto de caja</b>	<b>48.751,16</b>	<b>51.188,09</b>	<b>53.746,87</b>	<b>56.435,89</b>	<b>59.259,37</b>	<b>62.221,49</b>

Van

S/. 244.096,88

Al ser este un valor Positivo, significa que el proyecto debe seguir.

#### Tiempo de recuperación de la Inversión

Debido a que la Inversión es muy pequeña se ve que se la puede recuperar en el primer mes de operación y que todos los siguientes meses, se tendrá una ganancia adicional del 6%

Tabla 5.11 Flujo de Caja Ensayo



Las Tablas 5.10 y 5.11 empiezan mostrando la inversión realizada por la empresa para la ejecución del proyecto, donde se consideran; la adecuación de tuberías y los tanques que tuvieron que construirse. Además se considera la compra de un equipo de computación para el funcionamiento del proyecto, todo esto con un costo total de 3990 dólares.

Se considera que la construcción de las tuberías se deteriorarán completamente dentro de 10 años, por lo que se destina parte de la utilidad mensual a un fondo para reemplazar dichas construcciones, cuando se cumpla ese período de tiempo. En las tablas se puede apreciar este fondo con el nombre de "DETERIORO CONSTRUCCIONES". Para el equipo de computación, se asume una depreciación completa en tres años, por lo que de igual manera se asigna un porcentaje de las ganancias para reemplazar el equipo cumplido ese tiempo, este monto se observa en las tablas como DEPRECIACION EQUIPOS.

Para calcular la **Utilidad neta** mensual se deben restar valores de impuestos y utilidades a los trabajadores, los cuales son pagados una vez al año, pero se distribuyen en la utilidad de cada mes.

Las depreciaciones, deterioros, participación a los trabajadores e impuestos, no son gastos reales dentro del análisis del mes, es decir, es dinero que se destina para cubrir esos rubros, pero que en realidad permanece en la caja de la empresa. Por tal motivo, todos estos valores se vuelven a sumar a la utilidad neta para encontrar el flujo de caja real del mes.

#### 5.2.4 ANALISIS ECONÓMICO

Esta es la etapa final del análisis en la que se demuestra el porcentaje de ahorro en el incremento de la producción utilizando la máquina.

Como se puede apreciar, se mantiene un incremento de las utilidades del 6% para todos los meses en los que se pronosticó el incremento de la producción. Esto significa que la incorporación de la máquina COLORTREND, adaptado el

nuevo sistema de control, es importante, económicamente hablando, para la Empresa.

## PINTURAS CONDOR S.A.

### FLUJOS DE CAJA

MESES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
<b>ESTANDAR</b>	35.939,45	37.738,20	39.623,93	41.604,53	43.683,97	45.870,14	48.163,05	50.570,61
<b>ENSAYO</b>	38.196,75	40.108,47	42.112,64	44.217,64	46.427,68	48.751,16	51.188,09	53.746,87
<b>DIFERENCIA</b>	2.257,30	2.370,27	2.488,71	2.613,11	2.743,72	2.881,02	3.025,04	3.176,25
<b>INCREMENTO</b>	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%
	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>					
	53.100,73	55.757,34	58.544,42					
	56.435,89	59.259,37	62.221,49					
	3.335,17	3.502,02	3.677,07					
	6%	6%	6%					

**Inversión:** -3990 USD

**Tiempo de Recuperación  
de la inversión:** 1,7 meses

Tabla 5.12 Análisis Económico

Como se pudo apreciar en este capítulo, el ahorro que produce el uso de la máquina para la fabricación de colores es significativo lo que justifica el desarrollo del proyecto.

En el siguiente capítulo se extraen las conclusiones de este proyecto, así como también ciertas recomendaciones.

## **CAPITULO 6**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES

Luego de haber implementado este proyecto, se ha obtenido una valiosa experiencia. De ésta, y de los resultados extraídos de las pruebas, es posible extraer las conclusiones siguientes:

- En la realización de este proyecto, se pudo verificar la dificultad que presenta la tinturación de una pintura debido principalmente a las variaciones existentes en las bases y los tintes con respecto a los productos estándar. Se pudo conocer que estas diferencias se dan mayormente en la fabricación de pinturas en planta por tratarse de cantidades grandes de producto. La máquina actúa únicamente en la tinturación, pero su correcto desempeño depende también de la calidad de la base y de la experiencia del operador.
- El objetivo del diseño: convertir una máquina industrial dosificadora de tintes de pequeños volúmenes a una máquina que puede ser parte del proceso de fabricación en planta de pinturas a gran escala se consiguió. Esta conclusión se extrae de las pruebas realizadas con el nuevo sistema de control que muestran que el nuevo sistema tiene un margen de error de aproximadamente 2%, un valor considerado apropiado por la Empresa.
- Se pudo comprobar que la selección de un microprocesador PIC como base de la tarjeta de control de la máquina fue acertada, por su velocidad y confiabilidad tal como lo demuestran las pruebas realizadas.  
La comunicación serial que se estableció entre el microprocesador y la HMI demostró ser segura, confiable y capaz de incorporarse a cualquier PC. Este punto es muy importante si se toma en cuenta que no todas las PC tienen puertos USB.

- Las pruebas que realizaron los tinturadores de Pinturas Cóndor en el nuevo sistema dejaron ver la facilidad de manejo que presenta la nueva HMI diseñada para interactuar con la máquina. Este hecho comprueba que se diseñó un sistema amigable que puede ser utilizado por cualquier persona sin mayor dificultad.
- En las primeras pruebas realizadas con el nuevo sistema implementado a la máquina COLOR TREND, se obtuvieron errores muy grandes que sobrepasaban el límite máximo de error permitido por la Empresa. En un principio, se pensó en mejorar la precisión de la máquina intentando mejorar la calibración de cada una de las bombas, pero esto no dio buen resultado. Al final, la deducción de que las diferencias en la textura de los tintes hace, que se asienten al permanecer mucho tiempo en reposo, formando capas de diferente densidad dentro de los tanques, demostró ser la causa más probable.
- La proyección realizada en cuanto a los costos y los ingresos que producirá la utilización de la máquina como parte del proceso de fabricación de colores en las líneas de mayor demanda seleccionadas por la empresa, arroja un resultado positivo que indica un incremento en las ganancias del 6% y una recuperación de la inversión en 1.7 meses, lo cual justifica la inversión de la Empresa en este proyecto. Si bien se trata de una proyección, hay que rescatar que está basada en datos reales y en la experiencia propia de los ejecutivos de Pinturas Cóndor en cuanto a las ventas y a la producción.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- En la empresa existen varias líneas de producción en las que se usan varios tipos de tintes. Específicamente para la línea Arquitectónica se importan tintes líquidos, los cuales no siempre tienen las mismas características técnicas como son: la densidad, el poder tintóreo, entre otros, las diferencias de éstos causan problemas en la consecución de los colores. Así mismo la preparación de las bases en planta no logra resultados repetitivos lo que también influye en el color final. Con la experiencia obtenida en la realización de este proyecto, se recomienda al departamento técnico de la empresa mejorar en este aspecto. Esto reduciría considerablemente las fallas en la obtención del color y posibilitaría a la máquina trabajar de forma automática o que el operador dosifique la totalidad de la fórmula en un solo intento.
- Para reducir el error producido por el asentamiento de los tintes en los tanques de la máquina, se recomienda a las personas designadas por la empresa para la operación de la misma, agitar constantemente los tintes, principalmente antes de producir un color o dosificar un tinte individualmente. Cabe indicar, que el sistema se encuentra programado para agitar los tintes cada 15 minutos mientras nadie manipule la máquina, y cada vez que el sistema inicia. Sin embargo, la agitación previa a la dosificación es también importante para conseguir una mayor precisión.
- Uno de los valores críticos en el proyecto es la calibración de las bombas. Este valor indica la cantidad de tinte que puede impulsar cada bomba por cada vuelta del motor acoplado a ella, y se usa en todos los algoritmos del sistema de control. Una mala calibración implica errores grandes en la consecución del color final por lo que se recomienda calibrar las bombas cada vez que se perciba un error mayor al normal. Debido a la importancia de la calibración de las bombas, esta acción debe ser realizada solo después de la

correcta agitación de los tanques, así mismo, se recomienda realizar pequeñas pruebas luego, para garantizar la precisión de la máquina.

- Se recomienda revisar periódicamente el estado de bombas y electro-válvulas y cambiarlas de así necesitarse. Una bomba muy desgastada puede trabajar correctamente si se realiza la correcta calibración de la misma, sin embargo, mientras menos tinte entregue por vuelta mayor será el tiempo que se demore en alcanzar la cantidad necesaria de tinte.
- Al realizar este trabajo práctico y relacionado con la industria se obtuvo una invaluable experiencia por el hecho de afrontar problemas en un ambiente real. Por lo mismo se recomienda que la Escuela Politécnica Nacional procure involucrar a sus estudiantes en proyectos de esta naturaleza.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION, LabVIEW user manual, January 1996.
- MICROCHIP, Data sheet PIC16F87X, NY, 1998
- BOYLESTAD, Robert; NASHELSKY, Louis. Electrónica Teoría de Circuitos. Quinta edición. Prentice Hall. México. 1992.
- LARRONDO-PETRIE, Maria. The theory of colors.
- Direcciones electrónicas:
  - ☞ <http://www.coloryapariencia.com.ar/color.htm#>
  - ☞ <http://members.cox.net/mrsparker2/intro.htm>
  - ☞ <http://www.arqhys.com/significado-colores.html>
  - ☞ <http://www.arqhys.com/color-pintura-utilizacion.html>
  - ☞ <http://www.arqhys.com/color.html>
  - ☞ [www.xrite.com/support\\_doc.aspx?Line=1&SupportID=2736](http://www.xrite.com/support_doc.aspx?Line=1&SupportID=2736)
  - ☞ <http://www.webwhirlers.com/colors/coloursphysics.asp>
  - ☞ <http://www.bway.net/~jscruggs/Color2.html>
  - ☞ <http://www.colorcube.com/articles/mixing/mixer.htm>



## **ANEXOS**

**ANEXO A**  
**MICROCONTROLADOR PIC 16F873**



MICROCHIP

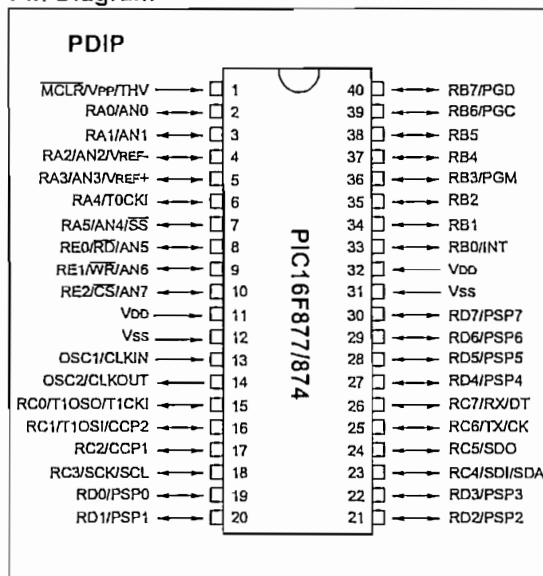
# PIC16F87X

## 28/40-pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

### Microcontroller Core Features:

- High-performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input  
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,  
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)  
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM data memory
- ★ **Pinout compatible to the PIC16C73/74/76/77**
- Interrupt capability (up to 14 internal/external interrupt sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect, and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code-protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low-power, high-speed CMOS FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ via two pins
- ★ Only single 5V source needed for programming
- ★ In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption:
  - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 µA typical standby current

### Pin Diagram



### Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
- Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns, Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns, PWM max. resolution is 10-bit
- ★ 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- ★ Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master Mode) and I<sup>2</sup>C™ (Master/Slave)
- ★ Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

## 6.0 TIMER1 MODULE

The Timer1 module timer/counter has the following features:

- 16-bit timer/counter  
(Two 8-bit registers; TMR1H and TMR1L)
- Readable and writable (Both registers)
- Internal or external clock select
- Interrupt on overflow from FFFFh to 0000h
- Reset from CCP module trigger

Timer1 has a control register, shown in Figure 6-1. Timer1 can be enabled/disabled by setting/clearing control bit TMR1ON (T1CON<0>).

Figure 6-3 is a simplified block diagram of the Timer1 module.

Additional information on timer modules is available in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

## 6.1 Timer1 Operation

Timer1 can operate in one of these modes:

- As a timer
- As a synchronous counter
- As an asynchronous counter

The operating mode is determined by the clock select bit, TMR1CS (T1CON<1>).

In timer mode, Timer1 increments every instruction cycle. In counter mode, it increments on every rising edge of the external clock input.

When the Timer1 oscillator is enabled (T1OSCEN is set), the RC0/T1OSI and RC0/T1OSO/T1CKI pins become inputs. That is, the TRISC<1:0> value is ignored.

Timer1 also has an internal "reset input". This reset can be generated by the CCP module (Section 8.0).

**FIGURE 6-1: T1CON: TIMER1 CONTROL REGISTER (ADDRESS 10h)**

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON	
bit7								bit0

R= Readable bit  
 W= Writable bit  
 U= Unimplemented bit, read as '0'  
 - n= Value at POR reset

bit 7-6: **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5-4: **T1CKPS1:T1CKPS0:** Timer1 Input Clock Prescale Select bits  
 11 = 1:8 Prescale value  
 10 = 1:4 Prescale value  
 01 = 1:2 Prescale value  
 00 = 1:1 Prescale value

bit 3: **T1OSCEN:** Timer1 Oscillator Enable Control bit  
 1 = Oscillator is enabled  
 0 = Oscillator is shut off  
 Note: The oscillator inverter and feedback resistor are turned off to eliminate power drain

bit 2: **T1SYNC:** Timer1 External Clock Input Synchronization Control bit

TMR1CS = 1  
 1 = Do not synchronize external clock input  
 0 = Synchronize external clock input

TMR1CS = 0  
 This bit is ignored. Timer1 uses the internal clock when TMR1CS = 0.

bit 1: **TMR1CS:** Timer1 Clock Source Select bit  
 1 = External clock from pin RC0/T1OSO/T1CKI (on the rising edge)  
 0 = Internal clock (Fosc/4)

bit 0: **TMR1ON:** Timer1 On bit  
 1 = Enables Timer1  
 0 = Stops Timer1

# PIC16F87X

## 6.1.1 TIMER1 COUNTER OPERATION

In this mode, Timer1 is being incremented via an external source. Increments occur on a rising edge.

Timer1 is enabled in counter mode, the module must first have a falling edge before the counter begins to increment.

FIGURE 6-2: TIMER1 INCREMENTING EDGE

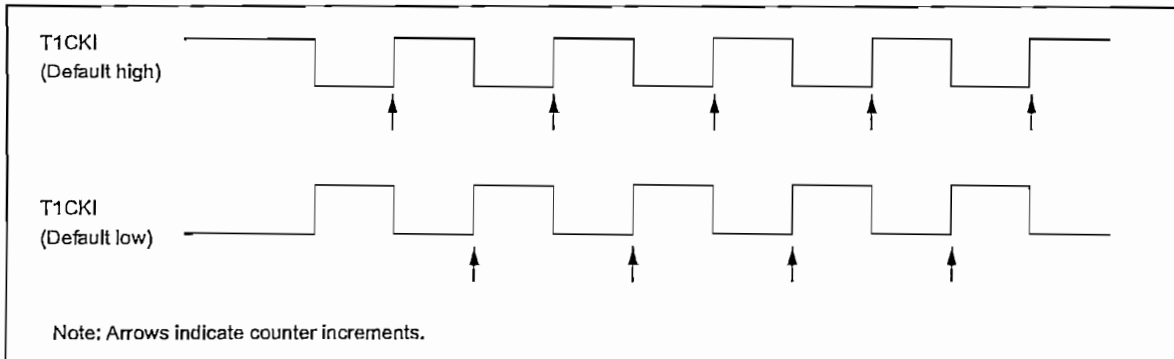
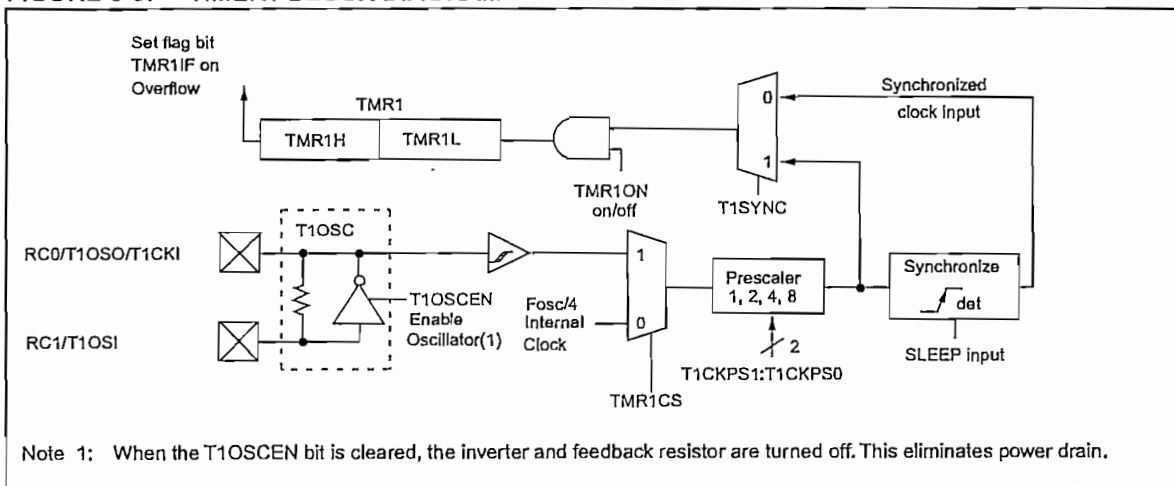


FIGURE 6-3: TIMER1 BLOCK DIAGRAM



## 10.0 ADDRESSABLE UNIVERSAL SYNCHRONOUS ASYNCHRONOUS RECEIVER TRANSMITTER (USART)

The Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART) module is one of the two serial I/O modules. (USART is also known as a Serial Communications Interface or SCI). The USART can be configured as a full duplex asynchronous system that can communicate with peripheral devices such as CRT terminals and personal computers, or it can be configured as a half duplex synchronous system that can communicate with peripheral devices such as A/D or D/A integrated circuits, Serial EEPROMs etc.

The USART can be configured in the following modes:

- Asynchronous (full duplex)
- Synchronous - Master (half duplex)
- Synchronous - Slave (half duplex)

Bit SPEN (RCSTA<7>), and bits TRISC<7:6>, have to be set in order to configure pins RC6/TX/CK and RC7/RX/DT as the Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter.

The USART module also has a multi-processor communication capability using 9-bit address detection.

FIGURE 10-1: TXSTA: TRANSMIT STATUS AND CONTROL REGISTER (ADDRESS 98h)

	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R-1	R/W-0
	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D
bit7								bit0
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; float: right; width: 150px;">                     R = Readable bit                      W = Writable bit                      U = Unimplemented bit,                      read as '0'                      - n = Value at POR reset                 </div>								
bit 7:	<b>CSRC:</b> Clock Source Select bit <u>Asynchronous mode</u> Don't care <u>Synchronous mode</u> 1 = Master mode (Clock generated internally from BRG) 0 = Slave mode (Clock from external source)							
bit 6:	<b>TX9:</b> 9-bit Transmit Enable bit 1 = Selects 9-bit transmission 0 = Selects 8-bit transmission							
bit 5:	<b>TXEN:</b> Transmit Enable bit 1 = Transmit enabled 0 = Transmit disabled Note: SREN/CREN overrides TXEN in SYNC mode.							
bit 4:	<b>SYNC:</b> USART Mode Select bit 1 = Synchronous mode 0 = Asynchronous mode							
bit 3:	<b>Unimplemented:</b> Read as '0'							
bit 2:	<b>BRGH:</b> High Baud Rate Select bit <u>Asynchronous mode</u> 1 = High speed 0 = Low speed <u>Synchronous mode</u> Unused in this mode							
bit 1:	<b>TRMT:</b> Transmit Shift Register Status bit 1 = TSR empty 0 = TSR full							
bit 0:	<b>TX9D:</b> 9th bit of transmit data. Can be parity bit.							

# PIC16F87X

FIGURE 10-2: RCSTA: RECEIVE STATUS AND CONTROL REGISTER (ADDRESS 18h)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-x
SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
							bit0
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;">                     R = Readable bit                      W = Writable bit                      U = Unimplemented bit, read as '0'                      - n = Value at POR reset                 </div>							
bit 7:	<b>SPEN: Serial Port Enable bit</b> 1 = Serial port enabled (Configures RC7/RX/DT and RC6/TX/CK pins as serial port pins) 0 = Serial port disabled						
bit 6:	<b>RX9: 9-bit Receive Enable bit</b> 1 = Selects 9-bit reception 0 = Selects 8-bit reception						
bit 5:	<b>SREN: Single Receive Enable bit</b> <u>Asynchronous mode</u> Don't care  <u>Synchronous mode - master</u> 1 = Enables single receive 0 = Disables single receive This bit is cleared after reception is complete.  <u>Synchronous mode - slave</u> Unused in this mode						
bit 4:	<b>CREN: Continuous Receive Enable bit</b> <u>Asynchronous mode</u> 1 = Enables continuous receive 0 = Disables continuous receive  <u>Synchronous mode</u> 1 = Enables continuous receive until enable bit CREN is cleared (CREN overrides SREN) 0 = Disables continuous receive						
bit 3:	<b>ADDEN: Address Detect Enable bit</b> <u>Asynchronous mode 9-bit (RX9 = 1)</u> 1 = Enables address detection, enable interrupt and load of the receive burffer when RSR<8> is set 0 = Disables address detection, all bytes are received, and ninth bit can be used as parity bit						
bit 2:	<b>FERR: Framing Error bit</b> 1 = Framing error (Can be updated by reading RCREG register and receive next valid byte) 0 = No framing error						
bit 1:	<b>OERR: Overrun Error bit</b> 1 = Overrun error (Can be cleared by clearing bit CREN) 0 = No overrun error						
bit 0:	<b>RX9D: 9th bit of received data (Can be parity bit)</b>						

## 10.1 USART Baud Rate Generator (BRG)

The BRG supports both the Asynchronous and Synchronous modes of the USART. It is a dedicated 8-bit baud rate generator. The SPBRG register controls the period of a free running 8-bit timer. In asynchronous mode bit BRGH (TXSTA<2>) also controls the baud rate. In synchronous mode bit BRGH is ignored. Table 10-1 shows the formula for computation of the baud rate for different USART modes which only apply in master mode (internal clock).

Given the desired baud rate and Fosc, the nearest integer value for the SPBRG register can be calculated using the formula in Table 10-1. From this, the error in baud rate can be determined.

Example 10-1 shows the calculation of the baud rate error for the following conditions:

Fosc = 16 MHz  
 Desired Baud Rate = 9600  
 BRGH = 0  
 SYNC = 0

### EXAMPLE 10-1: CALCULATING BAUD RATE ERROR

$$\begin{aligned} \text{Desired Baud rate} &= F_{osc} / (64 (X + 1)) \\ 9600 &= 16000000 / (64 (X + 1)) \\ X &= \lfloor 25.042 \rfloor = 25 \\ \text{Calculated Baud Rate} &= 16000000 / (64 (25 + 1)) \\ &= 9615 \\ \text{Error} &= \frac{(\text{Calculated Baud Rate} - \text{Desired Baud Rate})}{\text{Desired Baud Rate}} \\ &= (9615 - 9600) / 9600 \\ &= 0.16\% \end{aligned}$$

It may be advantageous to use the high baud rate (BRGH = 1) even for slower baud clocks. This is because the  $F_{osc}/(16(X + 1))$  equation can reduce the baud rate error in some cases.

Writing a new value to the SPBRG register, causes the BRG timer to be reset (or cleared), this ensures the BRG does not wait for a timer overflow before outputting the new baud rate.

#### 10.1.1 SAMPLING

The data on the RC7/RX/DT pin is sampled three times by a majority detect circuit to determine if a high or a low level is present at the RX pin.

TABLE 10-1 BAUD RATE FORMULA

SYNC	BRGH = 0 (Low Speed)	BRGH = 1 (High Speed)
0	(Asynchronous) Baud Rate = $F_{osc}/(64(X+1))$	Baud Rate = $F_{osc}/(16(X+1))$
1	(Synchronous) Baud Rate = $F_{osc}/(4(X+1))$	NA

X = value in SPBRG (0 to 255)

TABLE 10-2 REGISTERS ASSOCIATED WITH BAUD RATE GENERATOR

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	0000 000x
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented read as '0'. Shaded cells are not used by the BRG.



# PIC16F87X

**TABLE 10-3 BAUD RATES FOR SYNCHRONOUS MODE**

BAUD RATE (K)	FOSC = 20 MHz			16 MHz			10 MHz			7.15909 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-
1.2	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-
2.4	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-
9.6	NA	-	-	NA	-	-	9.766	+1.73	255	9.622	+0.23	185
19.2	19.53	+1.73	255	19.23	+0.16	207	19.23	+0.16	129	19.24	+0.23	92
76.8	76.92	+0.16	64	76.92	+0.16	51	75.76	-1.36	32	77.82	+1.32	22
96	96.15	+0.16	51	95.24	-0.79	41	96.15	+0.16	25	94.20	-1.88	18
300	294.1	-1.96	16	307.69	+2.56	12	312.5	+4.17	7	298.3	-0.57	5
500	500	0	9	500	0	7	500	0	4	NA	-	-
HIGH	5000	-	0	4000	-	0	2500	-	0	1789.8	-	0
LOW	19.53	-	255	15.625	-	255	9.766	-	255	6.991	-	255

BAUD RATE (K)	FOSC = 5.0688 MHz			4 MHz			3.579545 MHz			1 MHz			32.768 kHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	0.303	+1.14	26
1.2	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	1.202	+0.16	207	1.170	-2.48	6
2.4	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	2.404	+0.16	103	NA	-	-
9.6	9.6	0	131	9.615	+0.16	103	9.622	+0.23	92	9.615	+0.16	25	NA	-	-
19.2	19.2	0	65	19.231	+0.16	51	19.04	-0.83	46	19.24	+0.16	12	NA	-	-
76.8	79.2	+3.13	15	76.923	+0.16	12	74.57	-2.90	11	83.34	+8.51	2	NA	-	-
96	97.48	+1.54	12	1000	+4.17	9	99.43	+3.57	8	NA	-	-	NA	-	-
300	316.8	+5.60	3	NA	-	-	298.3	-0.57	2	NA	-	-	NA	-	-
500	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-
HIGH	1267	-	0	100	-	0	894.9	-	0	250	-	0	8.192	-	0
LOW	4.950	-	255	3.906	-	255	3.496	-	255	0.9766	-	255	0.032	-	255

**TABLE 10-4 BAUD RATES FOR ASYNCHRONOUS MODE (BRGH = 0)**

BAUD RATE (K)	FOSC = 20 MHz			16 MHz			10 MHz			7.15909 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-
1.2	1.221	+1.73	255	1.202	+0.16	207	1.202	+0.16	129	1.203	+0.23	92
2.4	2.404	+0.16	129	2.404	+0.16	103	2.404	+0.16	64	2.380	-0.83	46
9.6	9.469	-1.36	32	9.615	+0.16	25	9.766	+1.73	15	9.322	-2.90	11
19.2	19.53	+1.73	15	19.23	+0.16	12	19.53	+1.73	7	18.64	-2.90	5
76.8	78.13	+1.73	3	83.33	+8.51	2	78.13	+1.73	1	NA	-	-
96	104.2	+8.51	2	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-
300	312.5	+4.17	0	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-
500	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-
HIGH	312.5	-	0	250	-	0	156.3	-	0	111.9	-	0
LOW	1.221	-	255	0.977	-	255	0.6104	-	255	0.437	-	255

BAUD RATE (K)	FOSC = 5.0688 MHz			4 MHz			3.579545 MHz			1 MHz			32.768 kHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	0.31	+3.13	255	0.3005	-0.17	207	0.301	+0.23	185	0.300	+0.16	51	0.256	-14.67	1
1.2	1.2	0	65	1.202	+1.67	51	1.190	-0.83	46	1.202	+0.16	12	NA	-	-
2.4	2.4	0	32	2.404	+1.67	25	2.432	+1.32	22	2.232	-6.99	6	NA	-	-
9.6	9.9	+3.13	7	NA	-	-	9.322	-2.90	5	NA	-	-	NA	-	-
19.2	19.8	+3.13	3	NA	-	-	18.64	-2.90	2	NA	-	-	NA	-	-
76.8	79.2	+3.13	0	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-
96	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-
300	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-
500	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-
HIGH	79.2	-	0	62.500	-	0	55.93	-	0	15.63	-	0	0.512	-	0
LOW	0.3094	-	255	3.906	-	255	0.2185	-	255	0.0610	-	255	0.0020	-	255

**TABLE 10-5 BAUD RATES FOR ASYNCHRONOUS MODE (BRGH = 1)**

BAUD RATE (K)	FOSC = 20 MHz			16 MHz			10 MHz			7.16 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
9.6	9.615	+0.16	129	9.615	+0.16	103	9.615	+0.16	64	9.520	-0.83	46
19.2	19.230	+0.16	64	19.230	+0.16	51	18.939	-1.36	32	19.454	+1.32	22
38.4	37.878	-1.36	32	38.461	+0.16	25	39.062	+1.7	15	37.286	-2.90	11
57.6	56.818	-1.36	21	58.823	+2.12	16	56.818	-1.36	10	55.930	-2.90	7
115.2	113.636	-1.36	10	111.111	-3.55	8	125	+8.51	4	111.860	-2.90	3
250	250	0	4	250	0	3	NA	-	-	NA	-	-
625	625	0	1	NA	-	-	625	0	0	NA	-	-
1250	1250	0	0	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-

BAUD RATE (K)	FOSC = 5.068 MHz			4 MHz			3.579 MHz			1 MHz			32.768 kHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
9.6	9.6	0	32	NA	-	-	9.727	+1.32	22	8.928	-6.99	6	NA	-	-
19.2	18.645	-2.94	16	1.202	+0.17	207	18.643	-2.90	11	20.833	+8.51	2	NA	-	-
38.4	39.6	+3.12	7	2.403	+0.13	103	37.286	-2.90	5	31.25	-18.61	1	NA	-	-
57.6	52.8	-8.33	5	9.615	+0.16	25	55.930	-2.90	3	62.5	+8.51	0	NA	-	-
115.2	105.6	-8.33	2	19.231	+0.16	12	111.860	-2.90	1	NA	-	-	NA	-	-
250	NA	-	-	NA	-	-	223.721	-10.51	0	NA	-	-	NA	-	-
625	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-
1250	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-

## 10.2 USART Asynchronous Mode

In this mode, the USART uses standard nonreturn-to-zero (NRZ) format (one start bit, eight or nine data bits and one stop bit). The most common data format is 8-bits. An on-chip dedicated 8-bit baud rate generator can be used to derive standard baud rate frequencies from the oscillator. The USART transmits and receives the LSb first. The USART's transmitter and receiver are functionally independent but use the same data format and baud rate. The baud rate generator produces a clock either x16 or x64 of the bit shift rate, depending on bit BRGH (TXSTA<2>). Parity is not supported by the hardware, but can be implemented in software (and stored as the ninth data bit). Asynchronous mode is stopped during SLEEP.

Asynchronous mode is selected by clearing bit SYNC (TXSTA<4>).

The USART Asynchronous module consists of the following important elements:

- Baud Rate Generator
- Sampling Circuit
- Asynchronous Transmitter
- Asynchronous Receiver

### 10.2.1 USART ASYNCHRONOUS TRANSMITTER

The USART transmitter block diagram is shown in Figure 10-3. The heart of the transmitter is the transmit (serial) shift register (TSR). The shift register obtains its data from the read/write transmit buffer, TXREG. The TXREG register is loaded with data in software. The TSR register is not loaded until the STOP bit has been transmitted from the previous load. As soon as the STOP bit is transmitted, the TSR is loaded with new data from the TXREG register (if available). Once the TXREG register transfers the data to the TSR register

(occurs in one Tcy), the TXREG register is empty and flag bit TXIF (PIR1<4>) is set. This interrupt can be enabled/disabled by setting/clearing enable bit TXIE (PIE1<4>). Flag bit TXIF will be set regardless of the state of enable bit TXIE and cannot be cleared in software. It will reset only when new data is loaded into the TXREG register. While flag bit TXIF indicated the status of the TXREG register, another bit TRMT (TXSTA<1>) shows the status of the TSR register. Status bit TRMT is a read only bit which is set when the TSR register is empty. No interrupt logic is tied to this bit, so the user has to poll this bit in order to determine if the TSR register is empty.

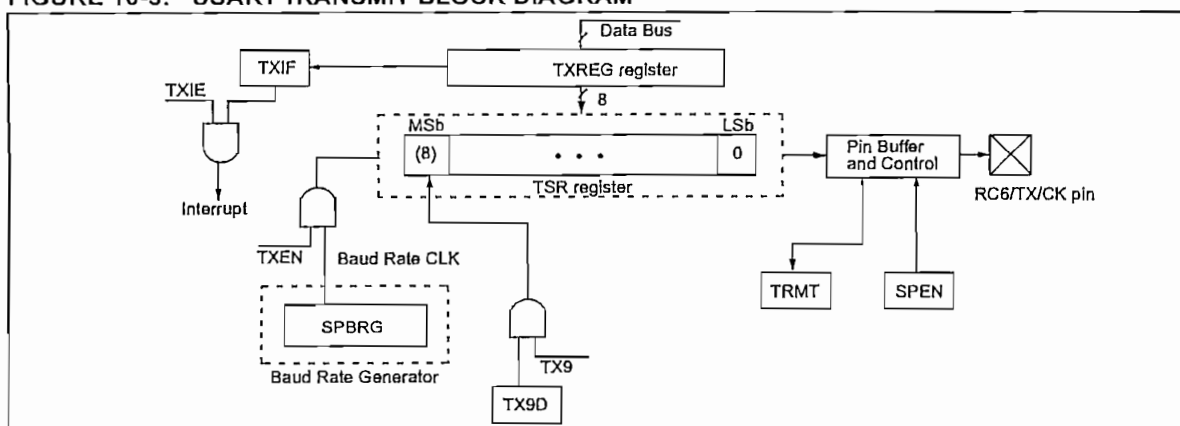
**Note 1:** The TSR register is not mapped in data memory so it is not available to the user.

**Note 2:** Flag bit TXIF is set when enable bit TXEN is set.

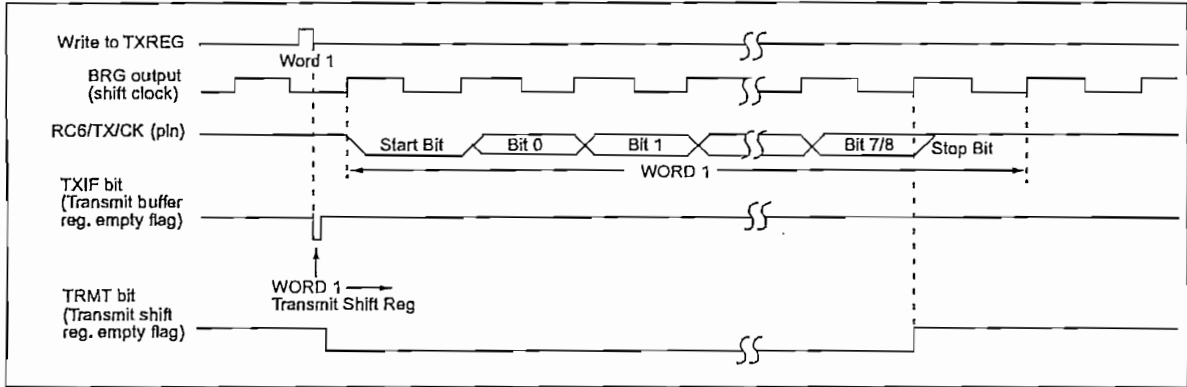
Steps to follow when setting up an Asynchronous Transmission:

1. Initialize the SPBRG register for the appropriate baud rate. If a high speed baud rate is desired, set bit BRGH. (Section 10.1)
2. Enable the asynchronous serial port by clearing bit SYNC and setting bit SPEN.
3. If interrupts are desired, then set enable bit TXIE.
4. If 9-bit transmission is desired, then set transmit bit TX9.
5. Enable the transmission by setting bit TXEN, which will also set bit TXIF.
6. If 9-bit transmission is selected, the ninth bit should be loaded in bit TX9D.
7. Load data to the TXREG register (starts transmission).

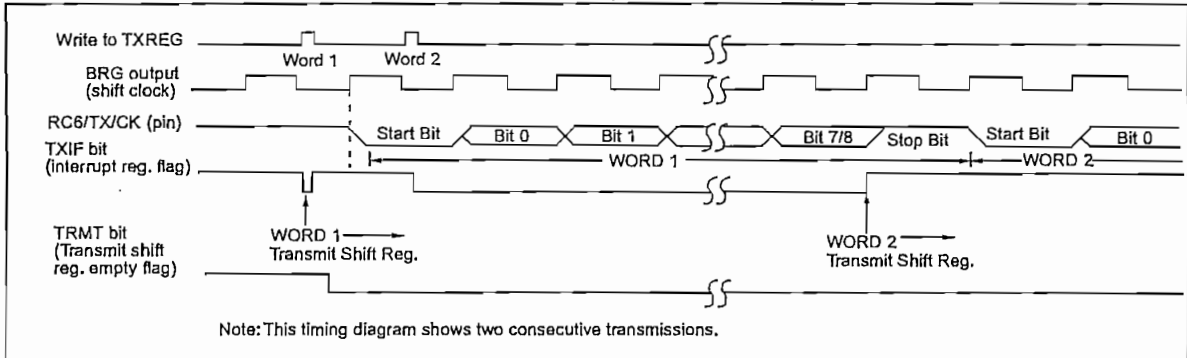
FIGURE 10-3: USART TRANSMIT BLOCK DIAGRAM



**FIGURE 10-4: ASYNCHRONOUS TRANSMISSION**



**FIGURE 10-5: ASYNCHRONOUS TRANSMISSION (BACK TO BACK)**



**TABLE 10-6 REGISTERS ASSOCIATED WITH ASYNCHRONOUS TRANSMISSION**

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Ch	PIR1	PSPIF <sup>(1)</sup>	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	0000 000x
19h	TXREG	USART Transmit Register								0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE <sup>(1)</sup>	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used for Asynchronous Transmission.

Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on the 28-pin devices, always maintain these bits clear.

## 10.2.2 USART ASYNCHRONOUS RECEIVER

The receiver block diagram is shown in Figure 10-6. The data is received on the RC7/RX/DT pin and drives the data recovery block. The data recovery block is actually a high speed shifter operating at x16 times the baud rate, whereas the main receive serial shifter operates at the bit rate or at Fosc.

The USART module has a special provision for multi-processor communication. When the RX9 bit is set in the RCSTA register, 9-bits are received and the ninth bit is placed in the RX9D status bit of the RSTA register. The port can be programmed such that when the stop bit is received, the serial port interrupt will only be activated if the RX9D bit = 1. This feature is enabled by setting the ADDEN bit RCSTA<3> in the RCSTA register. This feature can be used in a multi-processor system as follows:

A master processor intends to transmit a block of data to one of many slaves. It must first send out an address byte that identifies the target slave. An address byte is identified by the RX9D bit being a '1' (instead of a '0' for a data byte). If the ADDEN bit is set in the slave's RCSTA register, all data bytes will be ignored. However, if the ninth received bit is equal to a '1', indicating that the received byte is an address, the slave will be interrupted and the contents of the RSR register will be transferred into the receive buffer. This allows the slave to be interrupted only by addresses, so that the slave can examine the received byte to see if it is addressed. The addressed slave will then clear its ADDEN bit and prepare to receive data bytes from the master.

When ADDEN is set, all data bytes are ignored. Following the STOP bit, the data will not be loaded into the receive buffer, and no interrupt will occur. If another byte is shifted into the RSR register, the previous data byte will be lost.

The ADDEN bit will only take effect when the receiver is configured in 9-bit asynchronous mode.

The receiver block diagram is shown in Figure 10-6.

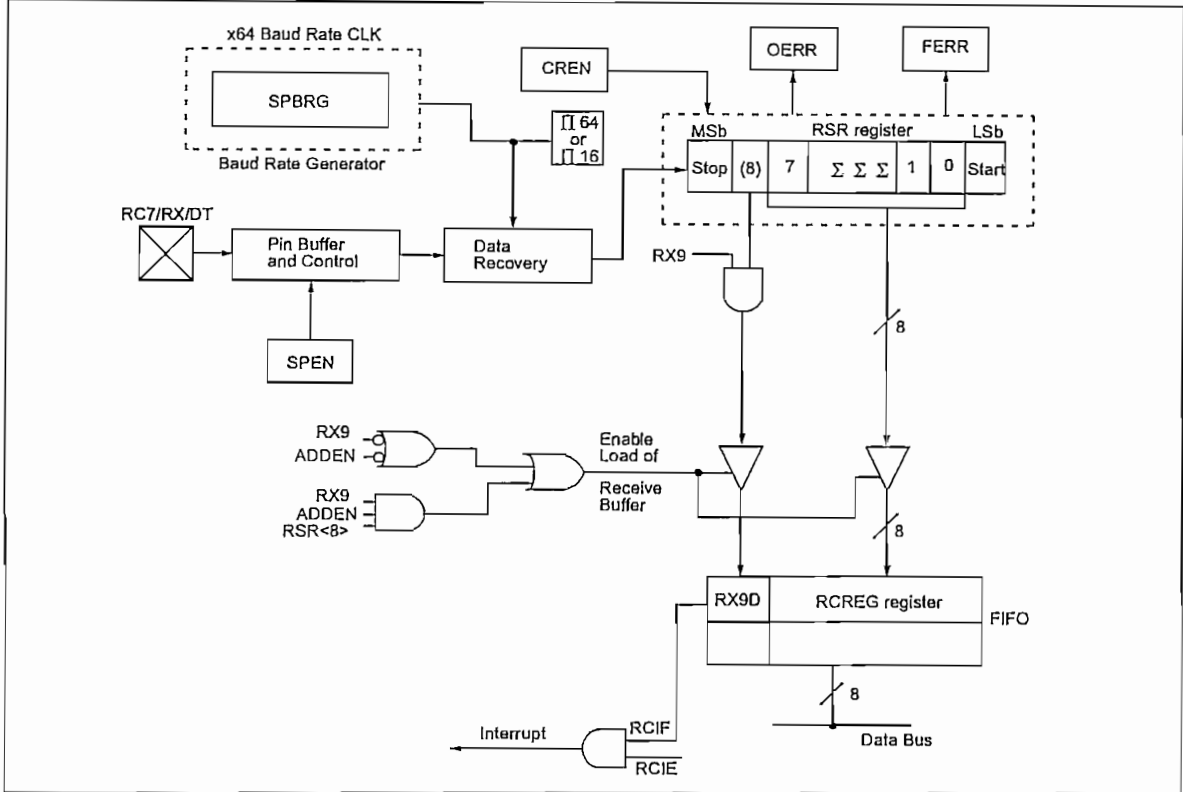
Once Asynchronous mode is selected, reception is enabled by setting bit CREN (RCSTA<4>).

## 10.2.3 SETTING UP 9-BIT MODE WITH ADDRESS DETECT

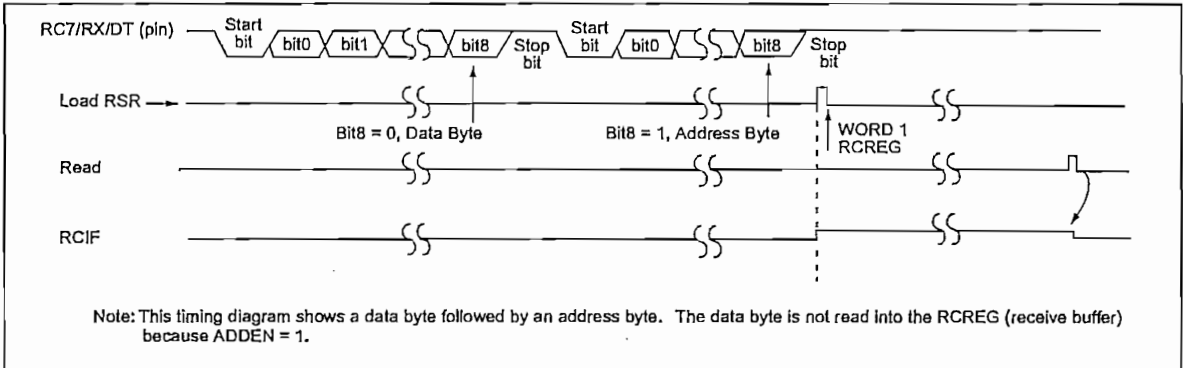
Steps to follow when setting up an Asynchronous Reception with Address Detect Enabled:

- Initialize the SPBRG register for the appropriate baud rate. If a high speed baud rate is desired, set bit BRGH.
- Enable the asynchronous serial port by clearing bit SYNC and setting bit SPEN.
- If interrupts are desired, then set enable bit RCIE.
- Set bit RX9 to enable 9-bit reception.
- Set ADDEN to enable address detect.
- Enable the reception by setting enable bit CREN.
- Flag bit RCIF will be set when reception is complete, and an interrupt will be generated if enable bit RCIE was set.
- Read the RCSTA register to get the ninth bit and determine if any error occurred during reception.
- Read the 8-bit received data by reading the RCREG register, to determine if the device is being addressed.
- If any error occurred, clear the error by clearing enable bit CREN.
- If the device has been addressed, clear the ADDEN bit to allow data bytes and address bytes to be read into the receive buffer, and interrupt the CPU.

**FIGURE 10-6: USART RECEIVE BLOCK DIAGRAM**

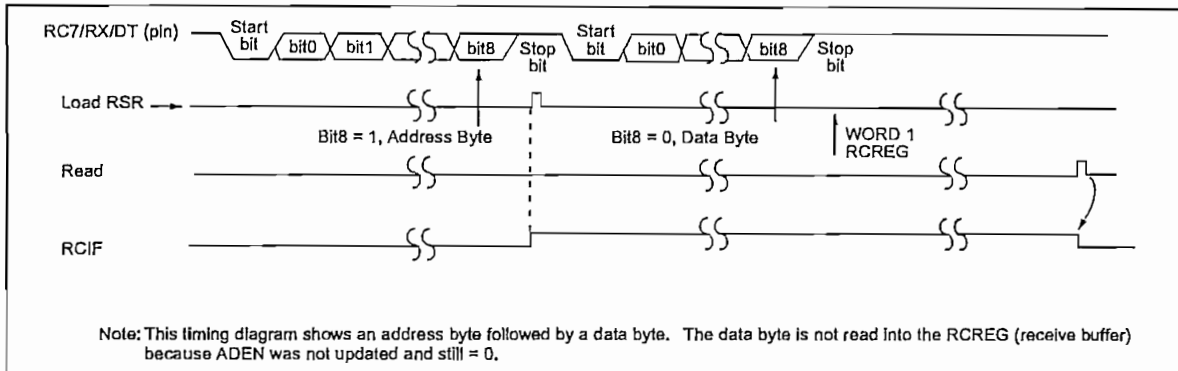


**FIGURE 10-7: ASYNCHRONOUS RECEPTION WITH ADDRESS DETECT**



# PIC16F87X

**FIGURE 10-8: ASYNCHRONOUS RECEPTION WITH ADDRESS BYTE FIRST**



**TABLE 10-7 REGISTERS ASSOCIATED WITH ASYNCHRONOUS RECEPTION**

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Ch	PIR1	PSPIF <sup>(1)</sup>	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	0000 000x
1Ah	RCREG	USART Receive Register								0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE <sup>(1)</sup>	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used for Asynchronous Reception.

Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on the 28-pin devices, always maintain these bits clear.

## 12.0 SPECIAL FEATURES OF THE CPU

These PICmicros have a host of features intended to maximize system reliability, minimize cost through elimination of external components, provide power saving operating modes and offer code protection. These are:

- OSC Selection
- Reset
  - Power-on Reset (POR)
  - Power-up Timer (PWRT)
  - Oscillator Start-up Timer (OST)
  - Brown-out Reset (BOR)
- Interrupts
- Watchdog Timer (WDT)
- SLEEP
- Code protection
- ID locations
- In-circuit serial programming
- Low Voltage Programming
- In-Circuit Debugger

These devices have a Watchdog Timer which can be shut off only through configuration bits. It runs off its own RC oscillator for added reliability. There are two timers that offer necessary delays on power-up. One is the Oscillator Start-up Timer (OST), intended to keep the chip in reset until the crystal oscillator is stable. The other is the Power-up Timer (PWRT), which provides a fixed delay of 72 ms (nominal) on power-up only, designed to keep the part in reset while the power supply stabilizes. With these two timers on-chip, most applications need no external reset circuitry.

SLEEP mode is designed to offer a very low current power-down mode. The user can wake-up from SLEEP through external reset, Watchdog Timer Wake-up, or through an interrupt. Several oscillator options are also made available to allow the part to fit the application. The RC oscillator option saves system cost while the LP crystal option saves power. A set of configuration bits are used to select various options.

Additional information on special features is available in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

## 12.1 Configuration Bits

The configuration bits can be programmed (read as '0') or left unprogrammed (read as '1') to select various device configurations. These bits are mapped in program memory location 2007h.

The user will note that address 2007h is beyond the user program memory space. In fact, it belongs to the special test/configuration memory space (2000h - 3FFFh), which can be accessed only during programming.



# PIC16F87X

FIGURE 12-1: CONFIGURATION WORD

CP1	CP0	BKBUG	-	WRT	CPD	LVP	BODEN	CP1	CP0	PWRT	WDTE	FOSC1	FOSC0	Register: CONFIG
													Address: 2007h	
bit13													bit0	
bit 13-12:														
bit 5-4: CP1:CP0: Flash Program Memory Code Protection bits <sup>(2)</sup>														
11 = Code protection off														
10 = 1F00h to 1FFFh code protected (PIC16F877, 876)														
10 = 0F00h to 0FFFh code protected (PIC16F874, 873)														
01 = 1000h to 1FFFh code protected (PIC16F877, 876)														
01 = 0800h to 0FFFh code protected (PIC16F874, 873)														
00 = 0000h to 1FFFh code protected (PIC16F877, 876)														
00 = 0000h to 0FFFh code protected (PIC16F874, 873)														
bit 11: DEBUG: In-Circuit Debugger Mode														
1 = In-Circuit Debugger disabled, RB6 and RB7 are general purpose I/O pins.														
0 = In-Circuit Debugger enabled, RB6 and RB7 are dedicated to the debugger.														
bit 10: Unimplemented: Read as '1'														
bit 9: WRT: Flash Program Memory Write Enable														
1 = Unprotected program memory may be written to by EECON control														
0 = Unprotected program memory may not be written to by EECON control														
bit 8: CPD: Data EE Memory Code Protection														
1 = Code protection off														
0 = Data EEPROM memory code protected														
bit 7: LVP: Low voltage programming Enable bit														
1 = RB3/PGM pin has PGM function, low voltage programming enabled														
0 = RB3 is digital I/O, HV on MCLR must be used for programming														
bit 6: BODEN: Brown-out Reset Enable bit <sup>(1)</sup>														
1 = BOR enabled														
0 = BOR disabled														
bit 3: PWRT: Power-up Timer Enable bit <sup>(1)</sup>														
1 = PWRT disabled														
0 = PWRT enabled														
bit 2: WDTE: Watchdog Timer Enable bit														
1 = WDT enabled														
0 = WDT disabled														
bit 1-0: FOSC1:FOSC0: Oscillator Selection bits														
11 = RC oscillator														
10 = HS oscillator														
01 = XT oscillator														
00 = LP oscillator														
Note 1: Enabling Brown-out Reset automatically enables Power-up Timer (PWRT) regardless of the value of bit PWRT. Ensure the Power-up Timer is enabled anytime Brown-out Reset is enabled.														
2: All of the CP1:CP0 pairs have to be given the same value to enable the code protection scheme listed.														

## 12.2 Oscillator Configurations

### 12.2.1 OSCILLATOR TYPES

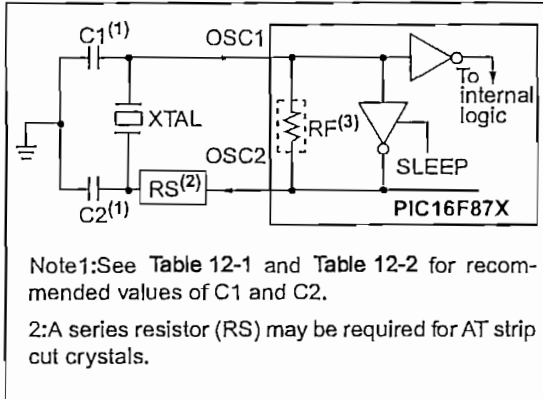
The PIC16F87X can be operated in four different oscillator modes. The user can program two configuration bits (FOSC1 and FOSC0) to select one of these four modes:

- LP Low Power Crystal
- XT Crystal/Resonator
- HS High Speed Crystal/Resonator
- RC Resistor/Capacitor

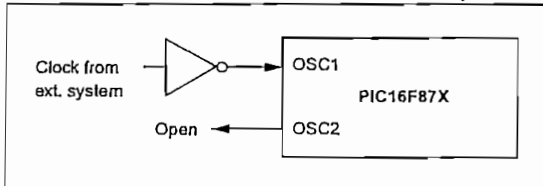
### 12.2.2 CRYSTAL OSCILLATOR/CERAMIC RESONATORS

In XT, LP or HS modes a crystal or ceramic resonator is connected to the OSC1/CLKIN and OSC2/CLKOUT pins to establish oscillation (Figure 12-2). The PIC16F87X Oscillator design requires the use of a parallel cut crystal. Use of a series cut crystal may give a frequency out of the crystal manufacturers specifications. When in XT, LP or HS modes, the device can have an external clock source to drive the OSC1/CLKIN pin (Figure 12-3).

**FIGURE 12-2: CRYSTAL/CERAMIC RESONATOR OPERATION (HS, XT OR LP OSC CONFIGURATION)**



**FIGURE 12-3: EXTERNAL CLOCK INPUT OPERATION (HS, XT OR LP OSC CONFIGURATION)**



**TABLE 12-1 CERAMIC RESONATORS**

Ranges Tested:			
Mode	Freq	OSC1	OSC2
XT	455 kHz	68 - 100 pF	68 - 100 pF
	2.0 MHz	15 - 68 pF	15 - 68 pF
	4.0 MHz	15 - 68 pF	15 - 68 pF
HS	8.0 MHz	10 - 68 pF	10 - 68 pF
	16.0 MHz	10 - 22 pF	10 - 22 pF

These values are for design guidance only. See notes at bottom of page.

Resonators Used:		
455 kHz	Panasonic EFO-A455K04B	± 0.3%
2.0 MHz	Murata Erie CSA2.00MG	± 0.5%
4.0 MHz	Murata Erie CSA4.00MG	± 0.5%
8.0 MHz	Murata Erie CSA8.00MT	± 0.5%
16.0 MHz	Murata Erie CSA16.00MX	± 0.5%

All resonators used did not have built-in capacitors.

**TABLE 12-2 CAPACITOR SELECTION FOR CRYSTAL OSCILLATOR**

Osc Type	Crystal Freq	Cap. Range C1	Cap. Range C2
LP	32 kHz	33 pF	33 pF
	200 kHz	15 pF	15 pF
XT	200 kHz	47-68 pF	47-68 pF
	1 MHz	15 pF	15 pF
	4 MHz	15 pF	15 pF
HS	4 MHz	15 pF	15 pF
	8 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	20 MHz	15-33 pF	15-33 pF

These values are for design guidance only. See notes at bottom of page.

Crystals Used		
32 kHz	Epson C-001R32.768K-A	± 20 PPM
200 kHz	STD XTL 200.000KHZ	± 20 PPM
1 MHz	ECS ECS-10-13-1	± 50 PPM
4 MHz	ECS ECS-40-20-1	± 50 PPM
8 MHz	EPSON CA-301 8.000M-C	± 30 PPM
20 MHz	EPSON CA-301 20.000M-C	± 30 PPM

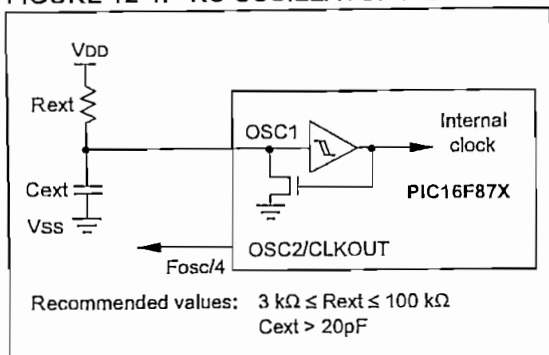
- Note 1: Recommended values of C1 and C2 are identical to the ranges tested (Table 12-1).  
2: Higher capacitance increases the stability of oscillator but also increases the start-up time.  
3: Since each resonator/crystal has its own characteristics, the user should consult the resonator/crystal manufacturer for appropriate values of external components.  
4: Rs may be required in HS mode as well as XT mode to avoid overdriving crystals with low drive level specification.

### 12.2.3 RC OSCILLATOR

For timing insensitive applications the "RC" device option offers additional cost savings. The RC oscillator frequency is a function of the supply voltage, the resistor (R<sub>EXT</sub>) and capacitor (C<sub>EXT</sub>) values, and the operating temperature. In addition to this, the oscillator frequency will vary from unit to unit due to normal process parameter variation. Furthermore, the difference in lead frame capacitance between package types will also affect the oscillation frequency, especially for low C<sub>EXT</sub> values. The user also needs to take into account variation due to tolerance of external R and C components used. Figure 12-4 shows how the R/C combination is connected to the PIC16F87X.

# PIC16F87X

FIGURE 12-4: RC OSCILLATOR MODE



## 12.3 Reset

The PIC16F87X differentiates between various kinds of reset:

- Power-on Reset (POR)
- $\overline{\text{MCLR}}$  reset during normal operation
- $\overline{\text{MCLR}}$  reset during SLEEP
- WDT Reset (during normal operation)
- WDT Wake-up (during SLEEP)
- Brown-out Reset (BOR)

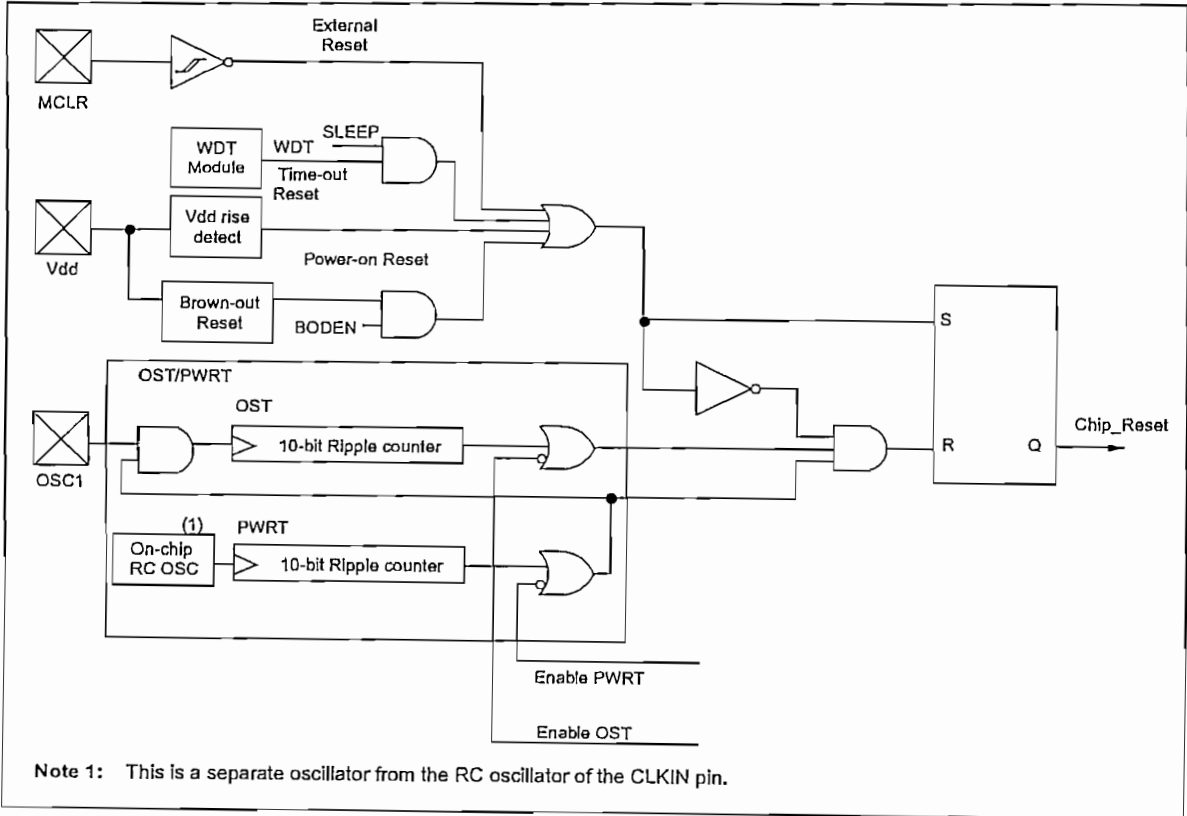
Some registers are not affected in any reset condition; their status is unknown on POR and unchanged in any other reset. Most other registers are reset to a "reset state" on Power-on Reset (POR), on the  $\overline{\text{MCLR}}$  and WDT Reset, on  $\overline{\text{MCLR}}$  reset during SLEEP, and Brown-out Reset (BOR). They are not affected by a WDT Wake-up, which is viewed as the resumption of normal operation. The  $\overline{\text{TO}}$  and  $\overline{\text{PD}}$  bits are set or cleared differently in different reset situations as indicated in Table 12-4. These bits are used in software to determine the nature of the reset. See Table 12-6 for a full description of reset states of all registers.

A simplified block diagram of the on-chip reset circuit is shown in Figure 12-5.

These devices have a  $\overline{\text{MCLR}}$  noise filter in the  $\overline{\text{MCLR}}$  reset path. The filter will detect and ignore small pulses.

It should be noted that a WDT Reset does not drive  $\overline{\text{MCLR}}$  pin low.

**FIGURE 12-5: SIMPLIFIED BLOCK DIAGRAM OF ON-CHIP RESET CIRCUIT**



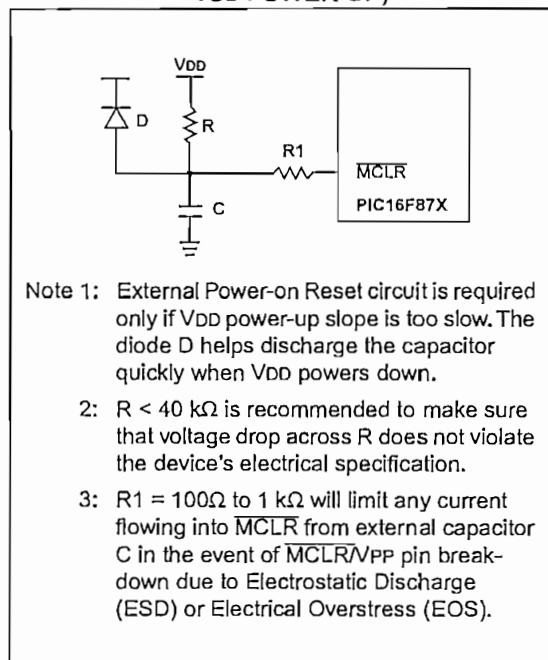
# PIC16F87X

## 12.4 Power-On Reset (POR)

A Power-on Reset pulse is generated on-chip when VDD rise is detected (in the range of 1.2V - 1.7V). To take advantage of the POR, just tie the  $\overline{\text{MCLR}}$  pin directly (or through a resistor) to VDD. This will eliminate external RC components usually needed to create a Power-on Reset. A maximum rise time for VDD is specified. See Electrical Specifications for details. For a slow rise time, see Figure 12-6.

When the device starts normal operation (exits the reset condition), device operating parameters (voltage, frequency, temperature,...) must be met to ensure operation. If these conditions are not met, the device must be held in reset until the operating conditions are met. Brown-out Reset may be used to meet the start-up conditions.

**FIGURE 12-6: EXTERNAL POWER-ON RESET CIRCUIT (FOR SLOW VDD POWER-UP)**



## 12.5 Power-up Timer (PWRT)

The Power-up Timer provides a fixed 72 ms nominal time-out on power-up only, from the POR. The Power-up Timer operates on an internal RC oscillator. The chip is kept in reset as long as the PWRT is active. The PWRT's time delay allows VDD to rise to an acceptable level. A configuration bit is provided to enable/disable the PWRT.

The power-up time delay will vary from chip to chip due to VDD, temperature, and process variation. See DC parameters for details.

## 12.6 Oscillator Start-up Timer (OST)

The Oscillator Start-up Timer (OST) provides 1024 oscillator cycle (from OSC1 input) delay after the PWRT delay is over. This ensures that the crystal oscillator or resonator has started and stabilized.

The OST time-out is invoked only for XT, LP and HS modes and only on Power-on Reset or wake-up from SLEEP.

## 12.7 Brown-Out Reset (BOR)

A configuration bit, BODEN, can disable (if clear/programmed) or enable (if set) the Brown-out Reset circuitry. If VDD falls below 4.0V (3.8V - 4.2V range) for greater than parameter #35, the brown-out situation will reset the chip. A reset may not occur if VDD falls below 4.0V for less than parameter #35. The chip will remain in Brown-out Reset until VDD rises above BVDD. The Power-up Timer will now be invoked and will keep the chip in RESET an additional 72 ms. If VDD drops below BVDD while the Power-up Timer is running, the chip will go back into a Brown-out Reset and the Power-up Timer will be initialized. Once VDD rises above BVDD, the Power-up Timer will execute a 72 ms time delay. The Power-up Timer should always be enabled when Brown-out Reset is enabled.

## 12.8 Time-out Sequence

On power-up the time-out sequence is as follows: First PWRT time-out is invoked after the POR time delay has expired. Then OST is activated. The total time-out will vary based on oscillator configuration and the status of the PWRT. For example, in RC mode with the PWRT disabled, there will be no time-out at all. Figure 12-7, Figure 12-8, Figure 12-9 and Figure 12-10 depict time-out sequences on power-up.

Since the time-outs occur from the POR pulse, if  $\overline{\text{MCLR}}$  is kept low long enough, the time-outs will expire. Then bringing  $\overline{\text{MCLR}}$  high will begin execution immediately (Figure 12-9). This is useful for testing purposes or to synchronize more than one PIC16F87X device operating in parallel.

Table 12-5 shows the reset conditions for some special function registers, while Table 12-6 shows the reset conditions for all the registers.

**TABLE 12-3 TIME-OUT IN VARIOUS SITUATIONS**

Oscillator Configuration	Power-up		Brown-out	Wake-up from SLEEP
	PWRT $\overline{\text{E}}$ = 0	PWRT $\overline{\text{E}}$ = 1		
XT, HS, LP	72 ms + 1024Tosc	1024Tosc	72 ms + 1024Tosc	1024Tosc
RC	72 ms	—	72 ms	—

**TABLE 12-4 STATUS BITS AND THEIR SIGNIFICANCE**

POR	BOR	$\overline{\text{TO}}$	$\overline{\text{PD}}$	
0	x	1	1	Power-on Reset
0	x	0	x	Illegal, $\overline{\text{TO}}$ is set on POR
0	x	x	0	Illegal, $\overline{\text{PD}}$ is set on POR
1	0	1	1	Brown-out Reset
1	1	0	1	WDT Reset
1	1	0	0	WDT Wake-up
1	1	u	u	$\overline{\text{MCLR}}$ Reset during normal operation
1	1	1	0	$\overline{\text{MCLR}}$ Reset during SLEEP or interrupt wake-up from SLEEP

**TABLE 12-5 RESET CONDITION FOR SPECIAL REGISTERS**

Condition	Program Counter	STATUS Register	PCON Register
Power-on Reset	000h	0001 1xxx	---- --0x
$\overline{\text{MCLR}}$ Reset during normal operation	000h	000u uuuu	---- --uu
$\overline{\text{MCLR}}$ Reset during SLEEP	000h	0001 0uuu	---- --uu
WDT Reset	000h	0000 1uuu	---- --uu
WDT Wake-up	PC + 1	uuu0 0uuu	---- --uu
Brown-out Reset	000h	0001 1uuu	---- --u0
Interrupt wake-up from SLEEP	PC + 1 <sup>(1)</sup>	uuu1 0uuu	---- --uu

Legend: u = unchanged, x = unknown, - = unimplemented bit read as '0'.

Note 1: When the wake-up is due to an interrupt and the GIE bit is set, the PC is loaded with the interrupt vector (0004h).

## 12.9 Power Control/Status Register (PCON)

The Power Control/Status Register, PCON has up to two bits, depending upon the device.

Bit0 is Brown-out Reset Status bit,  $\overline{\text{BOR}}$ . Bit  $\overline{\text{BOR}}$  is unknown on a Power-on Reset. It must then be set by the user and checked on subsequent resets to see if bit  $\overline{\text{BOR}}$  cleared, indicating a BOR occurred. The  $\overline{\text{BOR}}$  bit is a "Don't Care" bit and is not necessarily predictable if the Brown-out Reset circuitry is disabled (by clearing bit BODEN in the Configuration Word).

Bit1 is  $\overline{\text{POR}}$  (Power-on Reset Status bit). It is cleared on a Power-on Reset and unaffected otherwise. The user must set this bit following a Power-on Reset.

## 15.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### Absolute Maximum Ratings †

Ambient temperature under bias .....	-55 to +125°C
Storage temperature .....	-65°C to +150°C
Voltage on any pin with respect to V <sub>SS</sub> (except V <sub>DD</sub> , $\overline{\text{MCLR}}$ , and RA4).....	-0.3V to (V <sub>DD</sub> + 0.3V)
Voltage on V <sub>DD</sub> with respect to V <sub>SS</sub> .....	-0.3 to +7.5V
Voltage on $\overline{\text{MCLR}}$ with respect to V <sub>SS</sub> (Note 2).....	0 to +14V
Voltage on RA4 with respect to V <sub>SS</sub> .....	0 to +8.5V
Total power dissipation (Note 1).....	1.0W
Maximum current out of V <sub>SS</sub> pin .....	300 mA
Maximum current into V <sub>DD</sub> pin .....	250 mA
Input clamp current, I <sub>IK</sub> (V <sub>I</sub> < 0 or V <sub>I</sub> > V <sub>DD</sub> ).....	± 20 mA
Output clamp current, I <sub>OK</sub> (V <sub>O</sub> < 0 or V <sub>O</sub> > V <sub>DD</sub> ).....	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin.....	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin .....	25 mA
Maximum current sunk by PORTA, PORTB, and PORTE (combined) (Note 3).....	200 mA
Maximum current sourced by PORTA, PORTB, and PORTE (combined) (Note 3) .....	200 mA
Maximum current sunk by PORTC and PORTD (combined) (Note 3).....	200 mA
Maximum current sourced by PORTC and PORTD (combined) (Note 3).....	200 mA

**Note 1:** Power dissipation is calculated as follows:  $P_{dis} = V_{DD} \times \{I_{DD} - \sum I_{OH}\} + \sum \{(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$

**Note 2:** Voltage spikes below V<sub>SS</sub> at the  $\overline{\text{MCLR}}$  pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latch-up. Thus, a series resistor of 50-100Ω should be used when applying a "low" level to the  $\overline{\text{MCLR}}$  pin rather than pulling this pin directly to V<sub>SS</sub>.

**Note 3:** PORTD and PORTE are not implemented on the 28-pin devices.

† NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

**ANEXO B**

**MAX 232**





## +5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

### General Description

The MAX220-MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, and in particular, for those applications where  $\pm 12V$  is not available.

These parts are particularly useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than  $5\mu W$ . The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245-MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

### Applications

Portable Computers  
Low-Power Modems  
Interface Translation  
Battery-Powered RS-232 Systems  
Multi-Drop RS-232 Networks

### Features

#### Superior to Bipolar

- ◆ Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)
- ◆ Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)
- ◆ Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications
- ◆ Multiple Drivers and Receivers
- ◆ 3-State Driver and Receiver Outputs
- ◆ Open-Line Detection (MAX243)

### Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering information continued at end of data sheet.  
\*Contact factory for dice specifications.

### Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value ( $\mu F$ )	SHDN & Three-State	Rx Active In SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	4.7/10	No		120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes		200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✓	120	MAX241 + receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes		120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No		120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No		120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No		200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No		120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No		200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No		120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes		120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes		120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No		120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No		120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No		120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes		120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes		120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No		200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No		120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package

MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800

MAX220-MAX249

## +5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V <sub>CC</sub> )	-0.3V to +6V	16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C)	696mW
Input Voltages		16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW
T <sub>IH</sub>	-0.3V to (V <sub>CC</sub> - 0.3V)	18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW
R <sub>IH</sub>	±30V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
T <sub>OUT</sub> (Note 1)	±15V	20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	640mW
Output Voltages		16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
T <sub>OUT</sub>	±15V	18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	842mW
R <sub>OUT</sub>	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)	Operating Temperature Ranges	
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND	Continuous	MAX2__AC__, MAX2__C__	0°C to +70°C
Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)		MAX2__AE__, MAX2__E__	-40°C to +85°C
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	842mW	MAX2__AM__, MAX2__M__	-55°C to +125°C
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	889mW	Storage Temperature Range	
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	440mW	-65°C to +160°C	
		Lead Temperature (soldering, 10sec)	
		+300°C	

Note 1: Input voltage measured with T<sub>OUT</sub> in high-impedance state,  $\overline{\text{SHDN}}$  or V<sub>CC</sub> = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V<sub>CC</sub> = +5V ±10%, C1-C4 = 0.1µF, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>RS-232 TRANSMITTERS</b>					
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND	±5	±8		V
Input Logic Threshold Low			1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High		2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Normal operation		5	40	µA
	$\overline{\text{SHDN}} = 0V$ , MAX222/242, shutdown		±0.01	±1	
Output Leakage Current	V <sub>CC</sub> = 5.5V, $\overline{\text{SHDN}} = 0V$ , V <sub>OUT</sub> = ±15V, MAX222/242		±0.01	±10	µA
	V <sub>CC</sub> = $\overline{\text{SHDN}} = 0V$ , V <sub>OUT</sub> = ±15V		±0.01	±10	
Data Rate	Except MAX220, normal operation		200	116	kbits/sec
	MAX220		22	20	
Transmitter Output Resistance	V <sub>CC</sub> = V <sub>+</sub> = V <sub>-</sub> = 0V, V <sub>OUT</sub> = ±2V	300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V <sub>OUT</sub> = 0V	±7	±22		mA
<b>RS-232 RECEIVERS</b>					
RS-232 Input Voltage Operating Range				±30	V
RS-232 Input Threshold Low	V <sub>CC</sub> = 5V	Except MAX243 R <sub>2IH</sub>	0.8	1.3	V
		MAX243 R <sub>2IH</sub> (Note 2)	-3		
RS-232 Input Threshold High	V <sub>CC</sub> = 5V	Except MAX243 R <sub>2IH</sub>	1.8	2.4	V
		MAX243 R <sub>2IH</sub> (Note 2)	-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	Except MAX243, V <sub>CC</sub> = 5V, no hyst. in shdn.	0.2	0.5	1	V
	MAX243		1		
RS-232 Input Resistance		3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I <sub>OUT</sub> = 3.2mA		0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I <sub>OUT</sub> = -1.0mA	3.5	V <sub>CC</sub> - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V <sub>OUT</sub> = GND	-2	-10		mA
	Shrinking V <sub>OUT</sub> = V <sub>CC</sub>	10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	$\overline{\text{SHDN}} = V_{CC}$ or $\overline{\text{EN}} = V_{CC}$ ( $\overline{\text{SHDN}} = 0V$ for MAX222), 0V ≤ V <sub>OUT</sub> ≤ V <sub>CC</sub>		±0.05	±10	µA

## +5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V<sub>CC</sub> = +5V ±10%, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> = 0.1μF, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.)

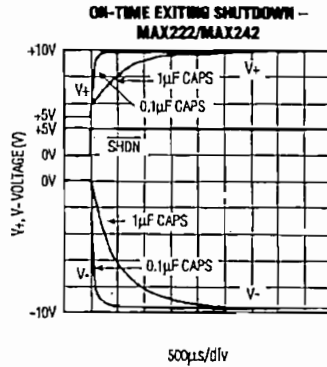
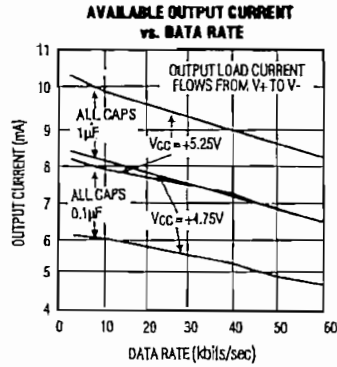
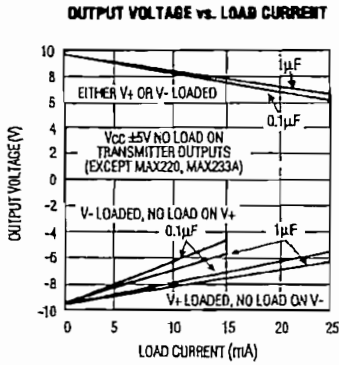
PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
$\overline{EN}$ Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
$\overline{EN}$ Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
<b>POWER SUPPLY</b>						
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
V <sub>CC</sub> Supply Current ( $\overline{SHDN}$ = V <sub>CC</sub> ), Figures 5, 6, 9, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/232A/233A/242/243		4	10	
	3kΩ load both inputs	MAX220			12	
		MAX222/232A/233A/242/243			15	
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T <sub>A</sub> = +25°C		0.1	10	μA
		T <sub>A</sub> = 0° to +70°C		2	50	
		T <sub>A</sub> = -40° to +85°C		2	50	
		T <sub>A</sub> = -55° to +125°C		35	100	
$\overline{SHDN}$ Input Leakage Current	MAX222/242				±1	μA
$\overline{SHDN}$ Threshold Low	MAX222/242			1.4	0.8	V
$\overline{SHDN}$ Threshold High	MAX222/242		2.0	1.4		V
<b>AC CHARACTERISTICS</b>						
Transition Slew Rate	C <sub>L</sub> = 50pF to 2500pF, R <sub>L</sub> = 3kΩ to 7kΩ, V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>A</sub> = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232A/233A/242/243	6	12	30	V/μs
		MAX220	1.5	3	30	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	I <sub>PHLT</sub>	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	μs
		MAX220		4	10	
	I <sub>PLHT</sub>	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5	
		MAX220		5	10	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (normal operation), Figure 2	I <sub>PHLR</sub>	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	μs
		MAX220		0.6	3	
	I <sub>PLHR</sub>	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (shutdown), Figure 2	I <sub>PHLS</sub>	MAX242		0.5	10	μs
	I <sub>PLHS</sub>	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	I <sub>ER</sub>	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	I <sub>DR</sub>	MAX242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time ( $\overline{SHDN}$ goes high), Figure 4	I <sub>ET</sub>	MAX222/242, 0.1μF caps (Includes charge-pump start-up)		250		μs
Transmitter-Output Disable Time ( $\overline{SHDN}$ goes low), Figure 4	I <sub>DT</sub>	MAX222/242, 0.1μF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	I <sub>PHLT</sub> - I <sub>PLHT</sub>	MAX222/232A/233A/242/243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	I <sub>PHLR</sub> - I <sub>PLHR</sub>	MAX222/232A/233A/242/243		100		ns
		MAX220		225		

Note 2: MAX243 R<sub>2OUT</sub> is guaranteed to be low when R<sub>2IN</sub> is ≥ 0V or is floating.

# +5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

## Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243



## +5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

### Detailed Description

The MAX220-MAX249 contain four sections: dual charge-pump DC-DC voltage converters, RS-232 drivers, RS-232 receivers, and receiver and transmitter enable control inputs.

#### Dual Charge-Pump Voltage Converter

The MAX220-MAX249 have two internal charge-pumps that convert +5V to  $\pm 10V$  (unloaded) for RS-232 driver operation. The first converter uses capacitor C1 to double the +5V input to +10V on C3 at the V+ output. The second converter uses capacitor C2 to invert +10V to -10V on C4 at the V- output.

A small amount of power may be drawn from the +10V (V+) and -10V (V-) outputs to power external circuitry (see Typical Operating Characteristics), except on the MAX225 and MAX245-MAX247, where these pins are not available. V+ and V- are not regulated, so the output voltage drops with increasing load current. Do not load V+ and V- to a point that violates the minimum  $\pm 5V$  EIA/TIA-232E driver output voltage when sourcing current from V+ and V- to external circuitry.

When using the shutdown feature in the MAX222, MAX225, MAX230, MAX235, MAX236, MAX240, MAX241, and MAX245-MAX249 avoid using V+ and V- to power external circuitry. When these parts are shut down, V- falls to 0V, and V+ falls to +5V. For applications where a +10V external supply is applied to the V+ pin (instead of using the internal charge pump to generate +10V), the C1 capacitor must not be installed and the  $\overline{SHDN}$  pin must be tied to VCC. This is because V+ is internally connected to VCC in shutdown mode.

#### RS-232 Drivers

The typical driver output voltage swing is  $\pm 8V$  when loaded with a nominal 5k $\Omega$  RS-232 receiver and VCC = +5V. Output swing is guaranteed to meet the EIA/TIA-232E and V.28 specification, which calls for  $\pm 5V$  minimum driver output levels under worst-case conditions. These include a minimum 3k $\Omega$  load, VCC = +4.5V, and maximum operating temperature. Unloaded driver output voltage ranges from (V+ -1.3V) to (V- +0.5V).

Input thresholds are both TTL and CMOS compatible. The inputs of unused drivers can be left unconnected since 400k $\Omega$  input pull-up resistors to VCC are built-in. The pull-up resistors force the outputs of unused drivers low because all drivers invert. The internal input pull-up resistors typically source 12 $\mu A$ , except in shutdown mode where the pull-ups are disabled. Driver outputs turn off and enter a high-impedance state—where leakage current is typically microamperes (maximum 25 $\mu A$ )—when in shutdown mode, in three-state mode, or when device power is removed. Outputs can be driven to  $\pm 15V$ . The power-supply current typically drops to 8 $\mu A$  in shutdown mode.

The MAX239 has a receiver 3-state control line, and the MAX223, MAX225, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241 have both a receiver 3-state control line and a low-power shutdown control. The receiver TTL/CMOS outputs are in a high-impedance, 3-state mode whenever the 3-state  $\overline{ENable}$  line is high, and are also high-impedance whenever the shutdown control line is high.

When in low-power shutdown mode, the driver outputs are turned off and their leakage current is less than 1 $\mu A$  with the driver output pulled to ground. The driver output leakage remains less than 1 $\mu A$ , even if the transmitter output is backdriven between 0V and (VCC + 6V). Below -0.5V, the transmitter is diode clamped to ground with 1k $\Omega$  series impedance. The transmitter is also zener clamped to approximately VCC + 6V, with a series impedance of 1k $\Omega$ .

The driver output slew rate is limited to less than 30V/ $\mu s$  as required by the EIA/TIA-232E and V.28 specifications. Typical slew rates are 24V/ $\mu s$  unloaded and 10V/ $\mu s$  loaded with 3 $\Omega$  and 2500pF.

#### RS-232 Receivers

EIA/TIA-232E and V.28 specifications define a voltage level greater than 3V as a logic 0, so all receivers invert. Input thresholds are set at 0.8V and 2.4V, so receivers respond to TTL level inputs as well as EIA/TIA-232E and V.28 levels.

The receiver inputs withstand an input overvoltage up to  $\pm 25V$  and provide input terminating resistors with nominal 5k $\Omega$  values. The receivers implement Type 1 Interpretation of the fault conditions of V.28 and EIA/TIA-232E.

The receiver input hysteresis is typically 0.5V with a guaranteed minimum of 0.2V. This produces clear output transitions with slow-moving input signals, even with moderate amounts of noise and ringing. The receiver propagation delay is typically 600ns and is independent of input swing direction.

#### Low-Power Receive Mode

The low-power receive-mode feature of the MAX223, MAX242, and MAX245-MAX249 puts the IC into shutdown mode, but still allows it to receive information. This is important for applications where systems are periodically awakened to look for activity. Using low-power receive mode, the system can still receive a signal that will activate it on command and prepare it for communication at faster data rates. This operation conserves system power.

#### Negative Threshold—MAX243

The MAX243 is pin compatible with the MAX232A, differing only in that RS-232 cable fault protection is removed on one of the two receiver inputs. This means that control lines such as CTS and RTS can either be driven or left floating without interrupting communication. Different cables are not needed to interface with different pieces of equipment.

## +5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

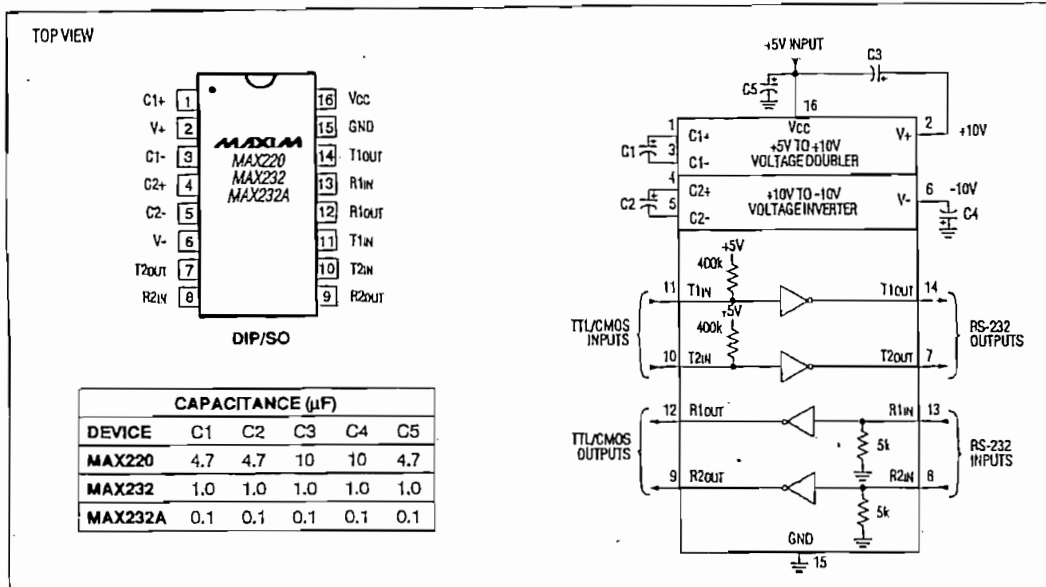


Figure 5. MAX220/232/232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

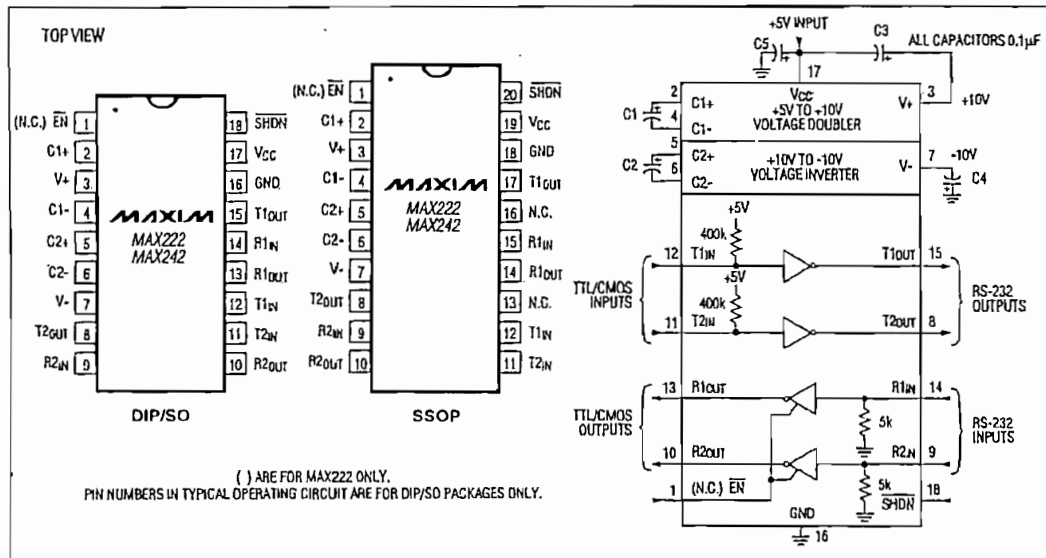


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

**ANEXO C**  
**OPTOACOPLADOR NTE3040**



**ELECTRONICS, INC**  
 44 FARRAND STREET  
 BLOOMFIELD, NJ 07003  
 (973) 748-5089

## NTE3040 Optoisolator NPN Transistor Output

**Description:**

The NTE3040 is a gallium arsenide, infrared emitting diode in a 6-Lead DIP type package coupled with a silicon phototransistor.

**Absolute Maximum Ratings:** ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified)

**Infrared Emitting Diode**

Power Dissipation, $P_D$ .....	200mW
Derate above $25^\circ\text{C}$ ambient .....	2.6mW/ $^\circ\text{C}$
Forward Current (Continuous), $I_C$ .....	60mA
Forward Current (Peak), $I_C$ .....	3A
(Pulse Width 1 $\mu\text{sec}$ , 300pps)	
Reverse Voltage, $V_R$ .....	3V

**Phototransistor**

Power Dissipation, $P_D$ .....	200mW
Derate above $25^\circ\text{C}$ ambient .....	2.6mW/ $^\circ\text{C}$
Collector to Emitter Voltage, $V_{CEO}$ .....	30V
Collector to Base Voltage, $V_{CBO}$ .....	70V
Emitter to Collector Voltage, $V_{ECO}$ .....	7V
Collector Current (Continuous), $I_C$ .....	100mA

**Total Device**

Storage Temperature, $T_{stg}$ .....	$-55^\circ$ to $+150^\circ\text{C}$
Operating Temperature, $T_{opr}$ .....	$-55^\circ$ to $+100^\circ\text{C}$
Lead Soldering Temperature (10 seconds) .....	$+260^\circ\text{C}$
Surge Isolation Voltage (Input to Output)	
(Peak) .....	1500V
(RMS) .....	1060V

**Electrical Characteristics:** ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified)

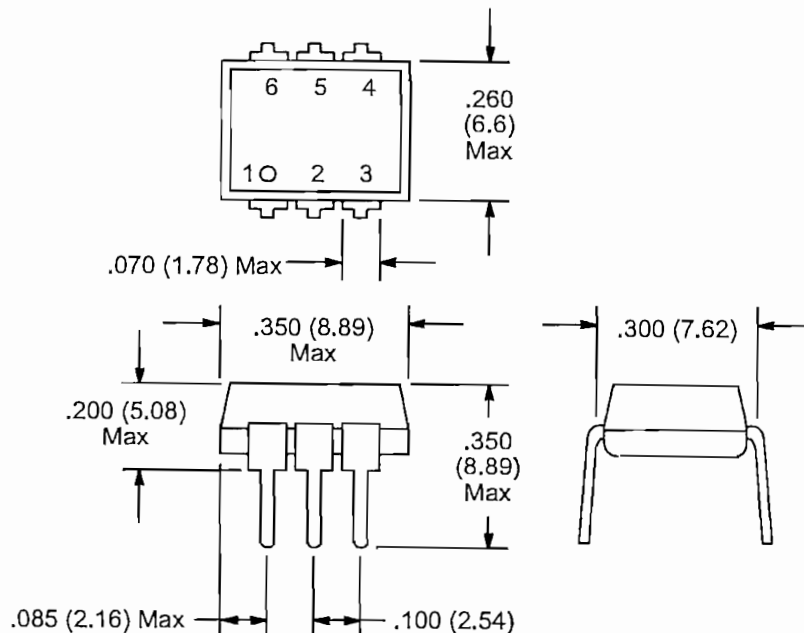
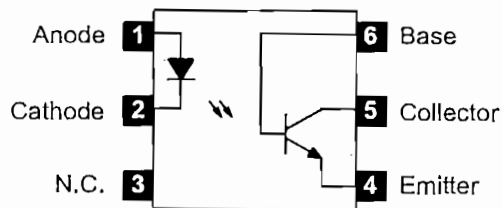
Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>Infrared Emitting Diode</b>						
Forward Voltage	$V_F$	$I_F = 10\text{mA}$	—	1.1	1.5	V
Reverse Current	$I_R$	$V_R = 3\text{V}$	—	—	10	mA
Capacitance	$C_J$	$V = 0, f = 1\text{MHz}$	—	50	—	pf



**Electrical Characteristics (Cont'd):** ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
<b>Phototransistor</b>							
Collector–Emitter Breakdown Voltage	$V_{(BR)CEO}$	$I_C = 10\text{mA}, I_F = 0$	30	–	–	V	
Collector–Base Breakdown Voltage	$V_{(BR)CBO}$	$I_C = 100\mu\text{A}, I_F = 0$	70	–	–	V	
Emitter–Collector Breakdown Voltage	$V_{(BR)ECO}$	$I_E = 100\mu\text{A}, I_F = 0$	7	–	–	V	
Collector Dark Current	$I_{CEO}$	$V_{CE} = 10\text{V}, I_F = 0$	–	5	50	nA	
Capacitance	$C_J$	$V_{CE} = 10\text{V}, f = 1\text{MHz}$	–	2	–	pf	
<b>Coupled Characteristics</b>							
DC Current Transfer Ratio	CTR	$I_F = 10\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}$	6	–	–	%	
Collector–Emitter Saturation Voltage	$V_{CEO(sat)}$	$I_F = 60\text{mA}, I_C = 1.6\text{mA}$	100	–	–	V	
Isolation Resistance	$R_{(I-O)}$	$V_{(I-O)} = 500\text{V}_{DC}$	100	–	–	$\text{G}\Omega$	
Input to Output Capacitance	$C_{(I-O)}$	$V_{(I-O)} = 0, f = 1\text{MHz}$	–	–	2	pf	
Switching Speeds	$t_r, t_f$	$V_{CE} = 10\text{V}, R_L = 100\Omega$	$I_{CE} = 2\text{mA}$	–	5	–	$\mu\text{s}$
			$I_{CB} = 50\mu\text{A}$	–	3	–	$\mu\text{s}$

**Pin Connection Diagram**



**ANEXO D**  
**OPTOACOPLADOR NTE3082**

**NTE3082**  
**Optoisolator**  
**NPN Darlington Transistor Output**

**Description:**

The NTE3982 consists of a gallium arsenide infrared emitting diode coupled with a silicon Darlington connected transistor in a low cost plastic package with lead spacing compatible with dual-in-line packages.

**Absolute Maximum Ratings:** ( $T_A = +25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified)

**Total Device**

Surge Isolation Voltage (Input to Output), $V_{ISO}$	
Peak .....	6000V
RMS .....	4242V
Steady-State Isolation Voltage (Input to Output), $V_{ISO}$	
Peak .....	4500V
RMS .....	3200V
Operating Temperature Range, $T_J$ .....	$-55^\circ$ to $+85^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range, $T_{stg}$ .....	$-55^\circ$ to $+85^\circ\text{C}$
Lead Temperature (During Soldering, 5sec Max), $T_L$ .....	$+260^\circ\text{C}$

**Infrared Emitting Diode (Emitter)**

Forward Current, $I_F$	
Continuous .....	60mA
Peak (Pulse Width $\leq 1\mu\text{s}$ , PRR $\leq 300\text{pps}$ ) .....	3A
Reverse Voltage, $V_R$ .....	4V
Power Dissipation, $P_E$ .....	100mW
Derate Above $25^\circ\text{C}$ .....	1.67mW/ $^\circ\text{C}$

**Darlington Connected Phototransistor (Detector)**

Continuous Collector Current, $I_C$ .....	100mA
Collector-Emitter Voltage, $V_{CEO}$ .....	30V
Emitter-Collector Voltage, $V_{ECO}$ .....	7V
Power Dissipation, $P_D$ .....	150mW
Derate Above $25^\circ\text{C}$ .....	2.5mW/ $^\circ\text{C}$