

80
Ley



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

SISTEMA DE MONITOREO Y DETECCION DE ALARMAS PARA MOTORES DE INTERESTACION DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA ELECTRICA - ELECTRONICA
P R E S E N T A N :
ALMA SANCHEZ GONZALEZ
PABLO GONGORA GUTIERREZ

DIRECTOR DE TESIS: M.I. LARRY H. ESCOBAR SALGUERO



CIUDAD UNIVERSITARIA

1999

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

275587



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi Esposo :

*Que ha sabido ser el brazo fuerte
para apoyarme en todo momento
y gracias al cual he recibido
siempre la fuerza necesaria
para culminar cualquier objetivo.*

¡ Gracias Bebé !

A mis Padres: Alicia y Saúl
que con su esfuerzo constante y su ejemplo
han sabido guiarme , apoyarme y alentarme en
cualquier empresa que me he propuesto.

¡ Gracias Papis !

A mis Hermanos:
Manuel, Saúl, Angélica, Alicia y Antonio
que siempre en mis momentos de flaqueza
supieron darme la fuerza necesaria para continuar
y en mis momentos de triunfo tuvieron
el tiempo necesario para alentarme

¡ Gracias Hermanos !

A mis Abuelitas:

Victoria, Altagracia y Catita (2. E. P. D.)

*Con su ejemplo de lucha y dignidad
de la mujer mexicana supieron guiarme
para realizar mi sueño, donde quiera que estén:*

¡Gracias!

*A Paty y a Sonia mis mejores amigas
junto con las cuales compartí las ilusiones
y el esfuerzo de la lucha constante para
cumplir con nuestra meta: ¡ Ser Ingenieros !*

*A la Universidad y al pueblo de México
que ve en mí uno de sus frutos.*

*A mi asesor Larry que tuvo la paciencia
de apoyarme y guiarme para realizar este trabajo.*

*A la Facultad de Ingeniería
que representada en sus profesores,
estudiantes y trabajadores
formaron mis conocimientos y carácter
que me formó como Ingeniero .*

*A todos mis amigos y compañeros
que por temor a omitirlos sólo me resta
agradecerles por darme su apoyo
incondicional
; Gracias donde quiera que se encuentren !*

Al Ing. Fernando Ramírez Estevez
Jefe de la Sección de Ventilación y Acondicionamiento de aire
del STC METRO
por su apoyo en la realización de este trabajo.

A los trabajadores del Metro
en particular a la Sección de Ventilación
que con su trabajo hacen posible el transporte
eficiente que día a día otorga el Metro

SISTEMA DE MONITOREO
Y
DETECCIÓN DE ALARMAS
PARA
MOTORES DE INTERESTACIÓN
DEL
SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	ANTECEDENTES.....	7
2.1	VENTILADORES Y MOTORES.....	8
2.1.1	VENTILACIÓN.....	8
2.1.2	MOTORES.....	12
2.2	VIBRACIÓN.....	25
2.2.1	VIBRACIÓN.....	25
2.2.2	VIBRACIONES LIBRES.....	26
2.2.3	VIBRACIÓN LIBRE CON UN GRADO DE LIBERTAD O VIBRACIÓN NATURAL.....	27
2.2.4	VIBRACIÓN LIBRE CON AMORTIGUAMIENTO VISCOSO Y UN GRADO DE LIBERTAD.....	29
2.2.5	VIBRACIÓN FORZADA.....	32
2.2.6	VIBRACIÓN FORZADA CON AMORTIGUAMIENTO VISCOSO.....	33
2.3	MONITOREO DE VIBRACIONES EN EQUIPOS DE VENTILACIÓN DE INTERESTACIÓN EN EL STC (METRO).....	35
2.3.1	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.....	35
2.3.2	ELEMENTOS TÉRMICOS.....	36
2.3.3	ENCLAVES MECÁNICOS.....	37
2.3.4	COMPUERTAS PARA EL ARRANQUE DEL EQUIPO.....	38

2.3.5	FUSIBLES DE PROTECCIÓN.....	38
2.3.6	CONTRA VIBRACIÓN ANORMAL.....	38
2.4	SISTEMA DE COMUNICACIÓN.....	39
2.4.1	ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN.....	39
2.4.2	FUENTE DE INFORMACIÓN.....	40
2.4.3	TRANSDUCTOR.....	40
2.4.4	TRANSMISOR.....	41
2.4.5	MEDIO DE TRANSMISIÓN.....	41
2.4.6	RECEPTOR.....	41
2.4.7	DESTINO.....	41
2.4.8	CONTAMINANTES.....	42
2.5	MEDIOS DE TRANSMISIÓN.....	43
2.5.1	CONDUCTOR.....	43
2.5.2	CABLE.....	44
2.5.3	CABLE COAXIAL.....	45
2.5.3.1	RESISTENCIA	45
2.5.3.2	INDUCTANCIA.....	46
2.5.3.3	CAPACITANCIA.....	46
2.5.3.4	CONDUCTANCIA.....	46
2.5.3.5	IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA Z_0	47
2.6	RUIDO, ATENUACIÓN, DISTORSIÓN E INTERFERENCIA.....	49
2.6.1	ATENUACIÓN.....	49
2.6.2	DISTORSIÓN.....	50
2.6.3	INTERFERENCIA.....	50
2.6.4	RUIDO.....	51
2.6.4.1	RUIDO TÉRMICO.....	52

2.6.4.2	RUIDO DE IMPULSO.....	52
2.6.4.3	DIAFONÍA.....	53
2.7	MODULACIÓN.....	54
2.7.1	MODULACIÓN EN AMPLITUD (AM).....	54
2.7.2	MODULACIÓN EN FRECUENCIA (FM).....	56
2.7.3	MODULACIÓN DIGITAL.....	57
2.7.3.1	MODULACIÓN POR CAMBIO DE AMPLITUD (ASK).....	57
2.7.3.2	MODULACIÓN POR CAMBIO DE FRECUENCIA (FSK)..	58
2.7.3.3	MODULACIÓN POR CAMBIO DE FASE (PSK).....	59
2.8	TRANSMISIÓN DIGITAL.....	60
2.8.1	INFORMACIÓN.....	60
2.8.2	INTERFACE.....	61
2.8.3	PROTOCOLO.....	61
2.8.4	TIPOS DE TRANSMISIÓN.....	62
2.8.4.1	TRANSMISIÓN ASÍNCRONA.....	62
2.8.4.2	TRANSMISIÓN SÍNCRONA.....	63
2.8.5	AMPLIFICACIÓN.....	63
2.8.5.1	ANCHO DE BANDA.....	64
2.8.5.2	LINEALIDAD.....	65
2.8.5.3	IMPEDANCIA DE ENTRADA Y SALIDA.....	65
3	DISEÑO DEL SISTEMA.....	66
3.1	DISEÑO DEL SISTEMA.....	66
3.1.1	ESPECIFICACIONES Y CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO.....	68

3.1.2	TIPO DE TRANSMISIÓN A UTILIZAR.....	70
3.1.2.1	COMUNICACIÓN ASÍNCRONA.....	71
3.1.3	DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN.....	72
3.1.3.1	CIRCUITO SELECTOR DE DATOS.....	73
3.1.3.2	CIRCUITO DEL BIT DE INICIO Y PARADA.....	76
3.1.3.3	DISEÑO PARA EL BIT DE PARIDAD	77
3.1.3.4	IMPLEMENTACIÓN DE RELOJ DEL SISTEMA.....	82
3.1.4	MODULO DE TRANSFERENCIA DE DATOS POR UNA LÍNEA.....	83
3.2	ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL	87
3.2.1	RECTIFICACIÓN.....	87
3.2.2	FILTRADO.....	89
3.2.3	REGULACIÓN.....	90
3.3	SELECCIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN.....	92
3.3.1	REQUERIMIENTOS DEL STC.....	92
3.3.1.1	CARACTERÍSTICAS DEL AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES.....	94
3.3.2	USO DEL CABLE EN EL STC.....	94
3.3.3	SISTEMA A IMPLEMENTAR.....	95
3.3.3.1	BUFFER.....	95
3.4	DISEÑO DE LA INTERFAZ DEL SISTEMA HACIA LA PC.....	96
3.4.1	TRANSMISIÓN DE DATOS SÍNCRONA Y ASÍNCRONA.	96
3.4.1.1	TRANSMISIÓN SERIAL SÍNCRONA.....	96
3.4.1.2	TRANSMISIÓN ASÍNCRONA.....	97
3.4.2	VELOCIDAD DE LOS DATOS SERIALES.....	97
3.4.3	INTERFACES SERIALES RS-232.....	98

3.4.3.1	CONECTORES RS-232.....	99
3.4.3.2	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.....	99
3.4.3.3	PROTOCOLO PARA LA COMUNICACIÓN.....	100
3.4.3.4	UART.....	101
3.4.3.5	REGISTROS DEL UART.....	101
3.4.3.6	POLLING O INTERRUPCIÓN.....	103
3.4.3.7	ACCESO A LOS REGISTROS.....	103
3.4.3.8	INICIALIZACIÓN DEL UART.....	103
3.4.3.9	ESTADO ACTUAL DEL UART.....	105
3.4.3.10	CONTROL DE INTERRUPTACIONES.....	105
3.5	DESARROLLO DEL SOFTWARE.....	108
3.5.1	PUERTO SERIE.....	108
3.5.2	LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.....	109
3.5.2.1	LENGUAJE DE MAQUINA.....	109
3.5.2.2	LENGUAJE ENSAMBLADOR.....	109
3.5.2.3	LENGUAJE DE ALTO NIVEL.....	110
3.5.3	DESARROLLO DEL PROGRAMA.....	110
3.5.3.1	PROCESO DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	110
3.5.3.1.1	ESPECIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	110
3.5.3.1.2	DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA.....	111
3.5.3.1.3	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.....	113
3.5.4	RESUMEN DEL CAPITULO.....	114
4.	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	116
4.1	PRUEBA PARA LA SELECCIÓN DE DATOS.....	118
4.2	PRUEBA DEL RELOJ DEL SISTEMA.....	119

4.3	PRUEBA PARA INTERFAZ.....	120
4.4	PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA.....	122
	4.4.1 EJECUCIÓN DEL PROGRAMA	123
4.5	CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES.....	126
5	CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.....	127
6	BIBLIOGRAFÍA.....	131
7	ANEXOS.....	135

OBJETIVO

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA CAPAZ DE
DETECTAR Y MONITOREAR ESTADOS DE VIBRACIÓN PELIGROSA
EN LOS MOTORES DE INTERESTACIÓN DEL SISTEMA DE
TRANSPORTE COLECTIVO METRO.**

1

INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

La ciudad de México, capital de la República Mexicana, es el centro poblacional, político, industrial y comercial más importante del país. Actualmente ocupa una extensión de 1500 kilómetros cuadrados y en conjunto con su zona conurbada esta poblada por más de 17 millones de habitantes, siendo el área más densamente poblada en el continente americano, con 10 600 habitantes por kilómetro cuadrado. En relación con la extensión y población del territorio nacional estas cifras indican que el 24 % de la población se encuentra concentrada de la milésima parte de dicho territorio.

En la década de los 60 se advertían importantes problemas derivados principalmente de la magnitud de la población y de su demanda de transporte, la que satisfacía deficientemente a base de un número inadecuado de taxis, autobuses, trolebuses y tranvías, lo que dio lugar a un incremento desproporcionado de vehículos particulares, empeorando cada vez más la circulación vial con frecuentes embotellamientos.

Por otra parte, era imperativo tener en cuenta grandes problemas originadas por las circunstancias mencionadas, como eran los de un excesivo consumo de combustibles, la creciente contaminación del medio ambiente, no solo por los productos de la combustión sin también por el ruido, así como la pérdida del orden de 3.2 millones de horas hombre, que traducidos a costo medio del salario representaban aproximadamente 80 millones de pesos diariamente.

Por la problemática expuesta, en el año de 1966 se dio principio a los estudios tendientes a la construcción de las primeras etapas del Metro, los cuales dieron como fruto el decreto de creación del Sistema de Transporte Colectivo (STC), emitido por el ejecutivo federal el 19 de Abril de 1967.

Actualmente con la ampliación de la red del STC se ha alcanzado una extensión de 178 Km con 154 estaciones ratificándolo como la columna vertebral del transporte público en la zona metropolitana de la ciudad de México.

Dentro del organismo requiere que se atiendan preponderantemente los aspectos de explotación de sus instalaciones y equipos, para brindar a la población el servicio esperado, e igualmente la conservación de esta infraestructura, para estar en condiciones de garantizar permanentemente la continuidad en el servicio, y los niveles de confiabilidad y calidad.

La calidad del servicio dentro de la demanda incesante a que está sometido el Metro, se logra con una correcta operación, y con una labor de mantenimiento adecuada en la que día con día se realiza una revisión meticulosa y mantenimiento del más alto nivel. Las instalaciones y equipos del Metro han sido agrupados en dos grandes divisiones: el material rodante y las instalaciones fijas.

El mantenimiento de las instalaciones fijas merece un comentario aparte, estas están formadas por las vías, las estructuras, los equipos electromecánicos para la ventilación, los equipos eléctricos de alta y baja tensión, y los equipos electrónicos para telecomunicaciones, sistemas de automatización y control.

A todo lo largo de la red del Metro se encuentran instalados equipos de ventilación de diferentes capacidades que otorgan el servicio necesario a locales, recintos, andenes, taquillas e interestaciones.¹

Las interestaciones con mayor profundidad a lo largo de la red (con profundidades 15, 30 y 50 m) constan con uno o dos inyectores - extractores de aire que debido a su ubicación cuentan con un sistema de protección contra vibraciones mecánicas excesivas.

La realización del presente trabajo, surge de la necesidad de detectar estados de vibración peligrosa en los motores (ventiladores de extracción), de interestación del Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC Metro).

¹interestación se le llama al túnel correspondiente entre dos estaciones del STC METRO.

La detección de vibración tiene por objeto, el funcionamiento óptimo de los motores de ventilación en donde se contempla la protección de éstos y lo más importante, la extracción de aire contaminado que se produce en túneles de interestación del STC Metro, pero particularmente en estaciones extremadamente profundas esto con el fin de brindar confort, bienestar y promover la salud tanto de los usuarios como del personal.

El aire contaminado se debe a la pinchadura de llantas, desgaste de materiales que interactúan con vías y quemaduras de los elementos mecánicos y eléctricos, que pueden ocasionar desde un pequeño malestar hasta una intoxicación.

El objetivo del presente trabajo, es el diseño y construcción de un sistema capaz de detectar y monitorear estados de vibración peligrosa en los motores de interestación del Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC METRO).

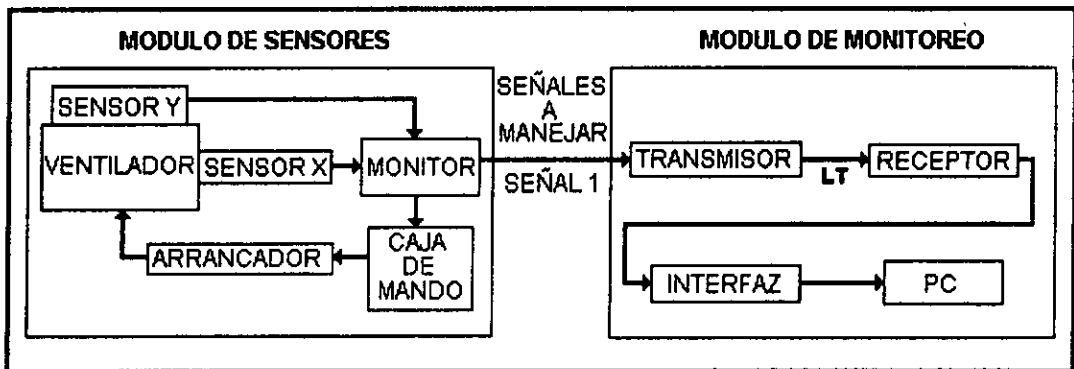
El desarrollo de este trabajo se plantea de la siguiente forma:

Los motores (ventiladores de 125 HP) están situados en lugares estratégicos para una eficiente extracción o inyección de aire según sea el caso, cada ventilador a su vez posee dos sensores de vibración, llamados vibrointerruptores (los sensores de vibración son el instrumento indicado y encargado de proteger máquinas rotativas y recirculantes, contra serios daños por un mal funcionamiento), un sensor detecta la vibración en forma horizontal (eje X) y el otro detecta la vibración en forma vertical (Eje Y). Cuando algún sensor detecta la existencia de vibración éste se activa y manda una señal a un monitor (sistema compuesto por un microprocesador), el cual selecciona señales de alarma que pueden afectar al equipo, mandando una señal de paro total al motor y proporcionando una señal óptica.

El problema surge por el mantenimiento del equipo, porque, tanto el motor, el vibrointerruptor y el monitor se encuentran en el mismo sitio, en donde no existe personal laborando o encargado de verificar su funcionamiento. El mantenimiento o verificación del equipo, no tiene fecha exacta o en ocasiones pasa un tiempo prolongado para su revisión, por tal motivo, puede ocurrir que uno o varios motores se paren, existiendo la posibilidad de que pueda destruirse.

Este proyecto consiste en realizar un sistema para monitorear el buen funcionamiento del equipo. Para realizar el monitoreo se plantea de la siguiente forma: Cuando se activa algún sensor de vibración, la señal de éste debe trasladarse hacia el punto de interés del personal encargado del equipo, la cual indicará exactamente el equipo y el lugar (interestación), en donde se encuentra un motor fuera de operación a causa de vibración y así tomar la decisión respectiva de restablecimiento.

A continuación se presenta el diagrama de bloques del problema a resolver.



En el diagrama se presenta el caso de un solo equipo, sin embargo, una operación similar sucede para todos los equipos de interestación.

Como se mencionó cada motor tiene dos sensores de vibración, cuando se activa alguno de los sensores el monitor detendrá el equipo. El monitor a la vez de desactivar al equipo, encenderá una alarma óptica indicando que el ventilador se detuvo a causa de una vibración excesiva a que fue expuesto el equipo. Esta señal del monitor, se manejará de tal forma que se pueda transmitir a un puesto de monitoreo.

Por último, llegamos al monitoreo de la señal por medio de una computadora personal, realizándose una interfaz para acoplar las señales del sistema transmisor, con la computadora personal (PC), diseñándose un programa encargado de interpretar los datos del o de los monitores que presenten un caso de alarma y/o las interestaciones a la que corresponde la señal.

Es importante en este caso mencionar que la PC no funcionará como una terminal "esclava", es decir, estará dedicada a otras actividades y sólo en caso de solicitar el estado de los ventiladores se recurre al programa de aplicación y se verifica este estado.

2

ANTECEDENTES

2.1 VENTILADORES Y MOTORES

En este capítulo se explicaran los diferentes tipos de ventiladores y motores debido a que el objetivo este trabajo de tesis parte de la necesidad de monitorear el buen funcionamiento de los equipos de ventilación localizados en interestación, por lo que surge la necesidad de explicar brevemente el concepto de la ventilación, así como las diferentes divisiones de la ventilación mecánica.

En el STC es importante la ventilación de locales (llamaremos locales a los recintos donde se encuentran equipos de telecomunicaciones, subestaciones eléctricas y señalización), andenes, oficinas, taquillas, vagones de trenes e interestaciones profundas, esto se debe a la necesidad del adecuado funcionamiento de los equipos y el bienestar del personal que son los responsables directos en otorgar la eficiencia del transporte que se recibe día con día.

La ventilación de interestaciones profundas, aproximadamente de 10, 15, 20, 25 y hasta 50 m de profundidad es de vital importancia debido a que en interestación el medio ambiente está cargado de partículas nocivas que afecta principalmente al personal que está laborando en las vías y la ventilación natural existente es insuficiente para desalojar estas partículas y renovarlas por aire puro, en este caso el ventilador que se utiliza posee la versatilidad de cambiar de giro, renovando el aire a 190 400 m³/h.

2.1.1 VENTILACIÓN

Se puede decir que ventilar es cambiar o renovar el aire del interior de un recinto y sustituirlo por aire nuevo del exterior con el fin de evitar su contaminación, eliminando el calor, el polvo, el vapor, los olores y cuanta partícula perjudicial o impurezas contenga el medio ambiente encerrado dentro de un local.

Al no llevarse a cabo esta renovación, la respiración de los seres vivos que ocupan un espacio contaminado se haría dificultosa y molesta siendo un obstáculo para las actividades normales que se desarrollan dentro del medio.

El proceso de ventilación puede ser realizado de dos maneras:

- 1.- Ventilación Natural
- 2.- Ventilación Mecánica

2.1.1.1 VENTILACIÓN NATURAL

La ventilación natural o llamada también por gravedad, tiene aplicaciones limitadas debido a que su efectividad depende directamente de los vientos dominantes creados fuera del lugar a ventilar.

La ventilación natural se realiza a través de rendijas, puertas, ventanas y otros huecos que conectan el interior con el exterior originando una diferencia de presión que ocasionan la circulación del aire.

Sus principios básicos son los siguientes:

- diferencia de altura
- diferencia de temperatura interior y exterior
- diferencia de presión
- acción del viento

El comportamiento de cada uno de estos factores produce diversos efectos, estos principios básicos y sus combinaciones llevan a la misma conclusión; las diferencias de presión es la razón de que se acelere la circulación del aire provocando la ventilación del recinto.

2.1.1.2 VENTILACIÓN MECÁNICA

Cuando la ventilación natural es insuficiente e imposible de llevarse a cabo debido a las condiciones del medio, se hace imprescindible tener un sistema de

ventilación mecánica de inyección o extracción de aire capaz de proveer el aire suficiente o de dar el escape necesario de aire del recinto.

La ventilación mecánica se auxilia de medios mecánicos para generar el movimiento propulsor de aire, estos medios se basan principalmente en un motor eléctrico que genera este movimiento y unas aspas o turbinas propulsoras de aire.

Los ventiladores pueden dividirse en dos grandes grupos según sea la naturaleza del flujo de aire que pasa a través de las aspas del rodete:

Ventiladores Axiales o Helicoidales

Ventiladores Radiales o Centrífugos

2.1.1.4 VENTILADORES AXIALES O HELICIODALES

Estos ventiladores constan de un impulsor con dos o más álabes generalmente de plancha de acero colocados en ángulo hacia el eje, el efecto propulsor de los álabes varía en función de su forma, es decir, un ventilador con álabes largos y curvados desplazará mayor cantidad de aire y será más silencioso que uno de álabes estrechos y rectos los cuales provocan más turbulencia y tiene más tendencia a vibrar. El volumen del aire depende del ángulo de incidencia (Ángulo de los álabes).

Los ventiladores de flujo axial producen su flujo a través de la rueda y de las paletas. La rueda y sus paletas están localizadas en una cubierta cilíndrica y se tiene paletas fijas que sirven de guía al flujo de aire antes de que salgan de la rueda.

Los ventiladores de flujo axial, son incapaces de desarrollar presiones altas, por lo mismo no son adecuados para forzar el aire a través de ductos, estos ventiladores son apropiados para manejar grandes volúmenes de aire a bajas presiones y son ampliamente utilizados cuando la resistencia del flujo de aire es baja y en lugares donde no hay sistema de conducción, o en el caso de que la longitud del ducto sea corta.

La mayor parte de la energía transferida al aire por las máquinas de flujo axial es en forma de energía cinética. Parte de esta energía se transforma en energía potencial por la variación de la descarga debido a la reducción de la velocidad de salida, lo cual se logra con un difusor o deflector.

Estos ventiladores ofrecen ventaja sobre los centrífugos, entre otros motivos, por presentar mayor simplicidad en su montaje, así como la posibilidad que ofrecen de invertir su giro.

Los ventiladores de flujo axial se fabrican principalmente en tres tipos de arreglos:

- 1.- Acoplamiento Directo entre rodete y motor, para montaje en paredes.
- 2.- Acoplamiento entre rodete y motor por medio de poleas y transmisión de bandas, brindado en ambos extremos para montaje en ductos.
- 3.- Acoplamiento directo entre rodete y motor, con bridas en ambos extremos para montaje en ductos.

2.1.1.5 VENTILADORES RADIALES O CENTRÍFUGOS

Consiste esencialmente en una rueda provista de una serie de álabes o paletas radiales denominada turbina, que gira dentro del interior de una envolvente en forma de espiral llamada voluta, esta tiene dos bocas, una de aspiración situada en el eje de la turbina y otra para la impulsión abierta o tangencial al rodete, por esto se recomienda para flujos pequeños con alta presión. La forma de las hélices influye en la fuerza ejercida sobre el aire y sobre la proporción de energía convertida en velocidad.

El rendimiento de los ventiladores centrífugos se encuentra entre 45% a un 75% debido a que la dirección del aire impulsado cambia en 90° , esto provoca pérdidas de energía debido al choque y a los remolinos, además el rendimiento

aerodinámico de la voluta es generalmente bajo y depende del tipo de aspas que pueden ser:

Radiales rectas: Tienen paletas planas radiales sostenidas mediante unos brazos que vienen del eje central, su rendimiento no es muy elevado y son destinados a presiones moderadas.

Álabes curvados hacia adelante: Por tener superficie curvada se tiene rendimiento mayor esto se debe a que el lado cóncavo se encuentra en el sentido de la rotación teniendo un efecto de cuchara en el aire.

2.1.2 MOTORES

Anteriormente, se había mencionado que la ventilación mecánica se auxilia de medios mecánicos para generar el movimiento propulsor de aire.

El estudio de los motores se considera importante debido a que si en algún momento dado el motor presente averías o disturbios (sean de tipo eléctrico y/o mecánico) su desempeño se verá afectado e inclusive, en caso extremo, se reducirá la vida útil de sus componentes.

El objetivo de monitorear alarmas de vibración excesiva surge de la necesidad de conocer el estado de continuidad de operación correcta de los motores, evitando así el número de intervenciones innecesarias en el mantenimiento de los motores de interestación y las reparaciones imprevistas y costosas.

En las interestaciones del STC los equipos de extracción-inyección son controlados por un motor trifásico tipo jaula de ardilla de 125 HP de capacidad, de flujo axial y de acoplamiento directo.

La clasificación de motores se realiza por normas de NEMA (National Electrical Manufacturers Association) estas son: tamaño, aplicación, tipo eléctrico, letra de diseño, protección contra ambiente y métodos de enfriamiento. [ROS88]

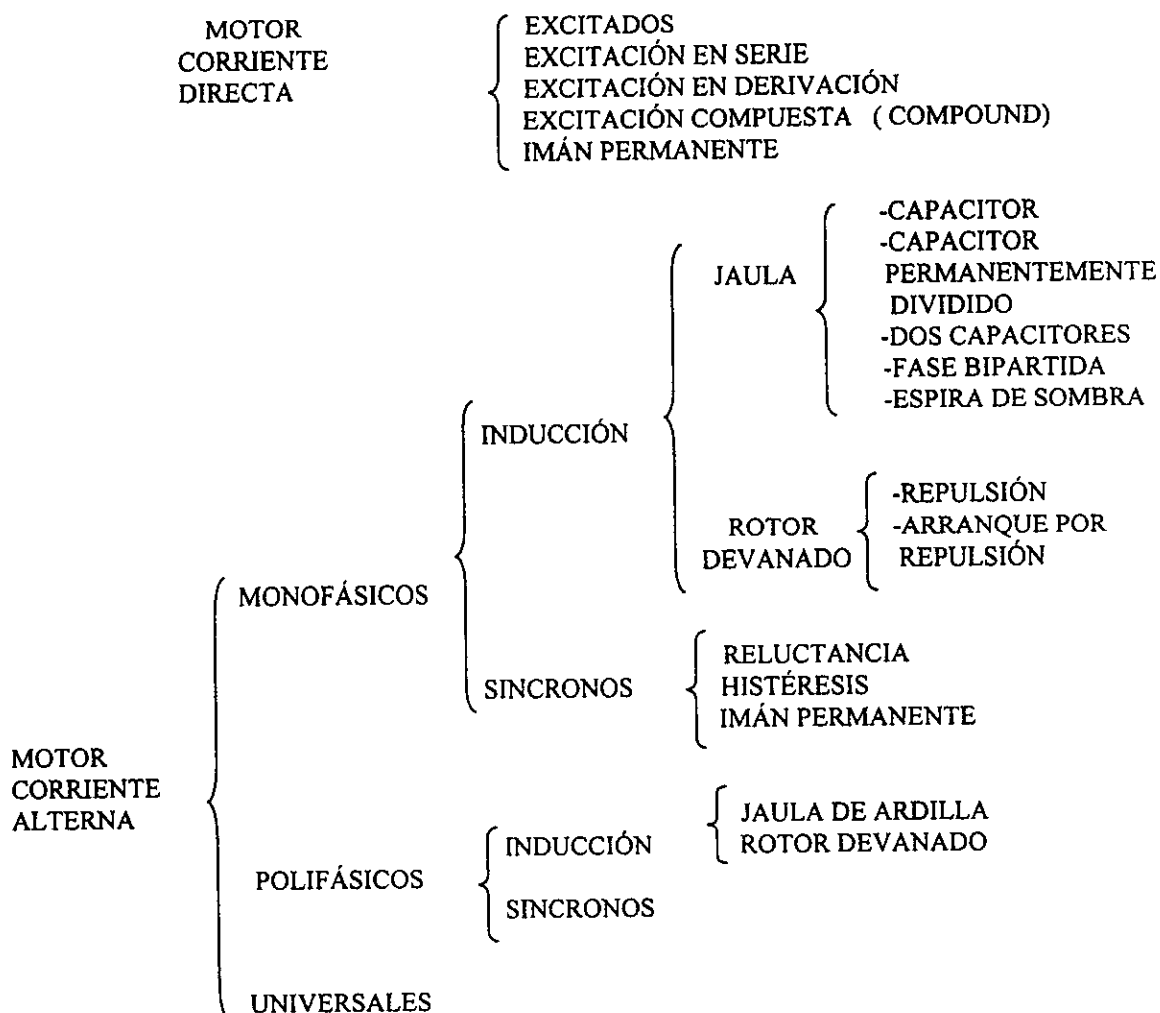
A continuación se explicará brevemente la clasificación de tipo eléctrico que utiliza esta organización y se considera importante mencionar debido al uso requerido en equipos de ventilación.

2.1.2.1 CLASIFICACIÓN POR TIPO ELÉCTRICO

Los motores eléctricos se organizan de acuerdo con las características de la potencia eléctrica, las variaciones en el devanado y la configuración del rotor. [ROS88]

Estos motores también se pueden dividir en dos grandes grupos: los de corriente continua y los de corriente alterna, los últimos se pueden dividir a su vez en monofásicos, universales y polifásicos. Según el tipo de tensión disponible, se tendrá que elegir el motor para el ventilador necesario. [OSB70]

A continuación se presenta un bosquejo general de la clasificación de motores



2.1.2.2.1 MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA

Un factor determinante en la elección de un ventilador es la regulación de la velocidad, los motores de corriente continua satisfacen este requerimiento debido a que las características de velocidad y par de torsión pueden variarse en cualquier forma para aplicaciones de control e inversión de giro.

Los motores de corriente directa de campo devanado aplicados en el control de ventilación se clasifican por el tipo de campo del motor: con excitación en derivación, con excitación en serie y excitación compuesta (compound o mixto).

2.1.2.2.2 MOTORES EXCITADOS

Utilizan corriente directa suministrada a través de anillos deslizantes para el arranque, esta corriente puede suministrarse por una fuente o un generador de corriente continua conectado directamente al eje del motor, después de la aceleración sufren una conmutación a la operación sincrónica.

2.1.2.2.2.1 MOTORES CON EXCITACIÓN EN SERIE

Estos motores son apropiados para impulsar ventiladores acoplados directamente al eje, pues la velocidad del motor se ajustará por sí misma hasta que su potencia se iguale a la carga que representa. En estos motores el flujo de campo es creado por bobinas que se encuentran en serie con la armadura. En la operación inicial la corriente y el campo magnético están a sus valores máximos y producen un gran par de torsión de arranque, al aumentar la velocidad en el motor la corriente se reduce, el flujo de campo también decae hasta cerca de cero (sin que exista carga). Al existir carga el par actúa con la inercia del ventilador ocasionando que el par resultante del ventilador se incremente al aumentar la velocidad. Este comportamiento se muestra en la figura 2.1.2.2.21

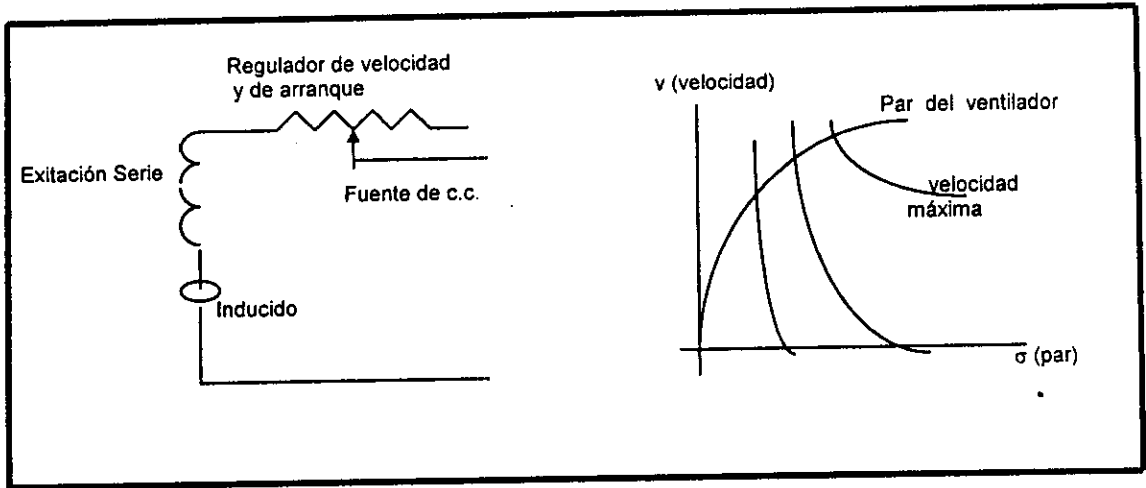


FIGURA 2.1.2.2.1 MOTOR CON EXCITACIÓN SERIE

2.1.2.2.2 MOTORES CON EXCITACIÓN EN DERIVACIÓN

Estos motores por la configuración que tienen pueden suministrar velocidad constante en cualquier posición de control, aunque variando la excitación se puede regular la velocidad. Este tipo de motores es apropiado para casos en que se necesita velocidad constante con independencia de la potencia.

El comportamiento del par de arranque del motor es tan elevado como el de excitación en serie, éste se muestra en la figura 2.1.2.2.2

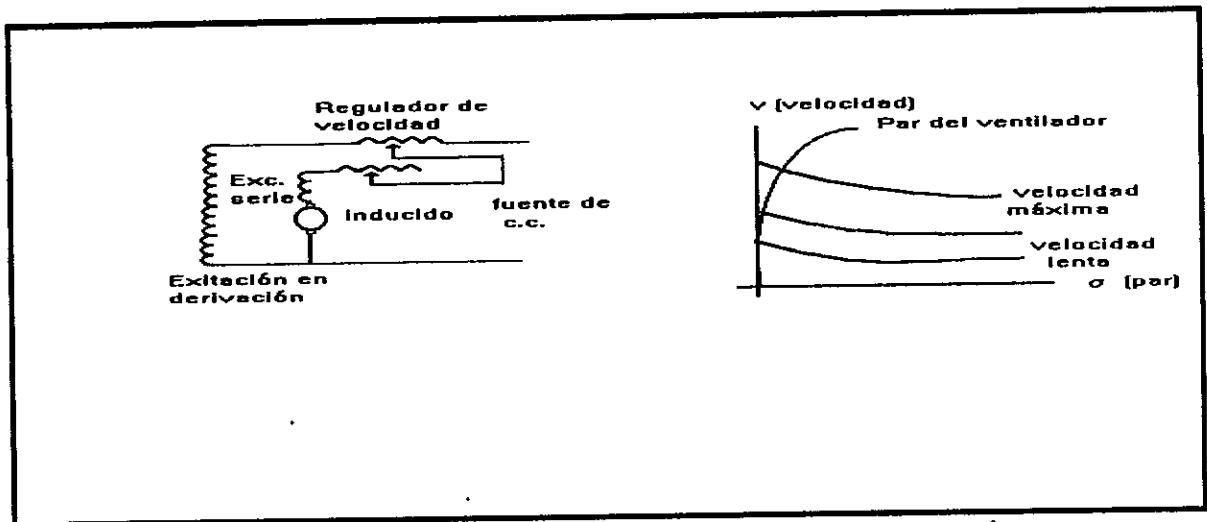


FIGURA 2.1.2.2.2 MOTOR CON EXCITACIÓN EN DERIVACIÓN

2.1.2.2.3 MOTORES CON EXCITACIÓN COMPUESTA (COMPOUND)

Estos motores están diseñados para obtener características entre el motor serie y el de derivación. La principal desventaja del motor serie se evita con cargas ligeras ya que la velocidad queda determinada por el campo en derivación, con cargas más altas la velocidad depende de la suma de los dos campos. Los motores tienen pares de torsión de arranque elevados y características uniformes de velocidad-par de torsión igual a la carga nominal. Para su uso en ventiladores el mejor tipo será uno que con características similares al de excitación serie y tenga una derivación suficiente para que la velocidad no aumente excesivamente al trabajar con poca carga y suele usarse para potencias superiores a 2 kW. Fig.

2.1.2.2.3

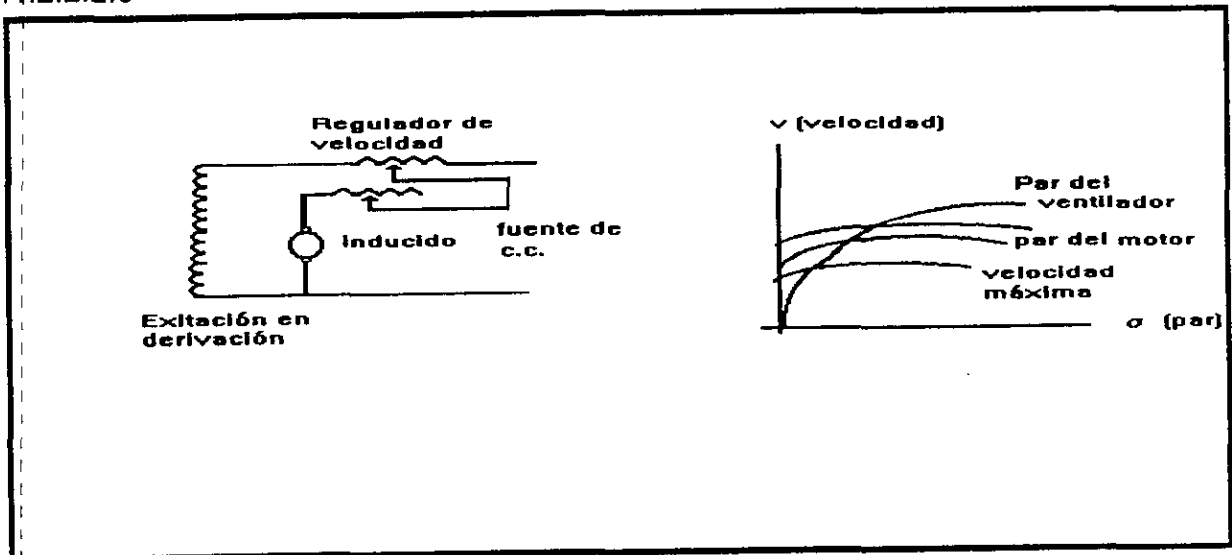


FIGURA 2.1.2.2.3 MOTOR CON EXCITACIÓN COMPUESTA

2.1.2.2.3 MOTORES DE IMÁN PERMANENTE

Estos motores tienen campos suministrados por imanes permanentes que crean polos en la armadura al pasar el flujo magnético a través de ellos. El flujo magnético ocasiona que se genere un par de torsión.

El comportamiento de estos motores es intermedio entre los motores de excitación compound y de excitación en serie, tienen mejor par de torsión de arranque pero aproximadamente la mitad de la velocidad en vacío de un motor en serie.

2.1.2.2.4 MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA (CA)

Estos motores, como se había mencionado anteriormente, se dividen en tres categorías principales: Monofásicos, Polifásicos y Universales (CA-CC), a su vez estos se clasifican por su sistema de arranque y por su diseño básico en motores de inducción y síncronos.

2.1.2.2.4.1 MOTOR DE INDUCCIÓN

El motor de inducción es similar al de corriente continua con excitación en derivación, es un motor de velocidad constante que gira a una velocidad inferior a la frecuencia de alimentación y dependiente del número de polos. Es importante mencionar que los motores de inducción polifásicos no requieren del circuito de arranque.

La mayoría de los motores de CA para ventiladores se usan de inducción debido a la seguridad, tipo de mantenimiento y su costo.

2.1.2.2.4.2 MOTOR SÍNCRONO

El motor síncrono gira exactamente igual a la velocidad sincrónica y están limitados a la frecuencia de suministro de energía.

2.1.2.2.5 MOTORES MONOFÁSICOS

Los motores monofásicos son incapaces de arrancar por sí mismos, necesitan un circuito eléctrico en el devanado de arranque para alcanzar su velocidad nominal, es por eso que también se clasifican por su sistema de arranque y por su diseño básico (inducción y síncrono), estos motores tienen un sólo bobinado de excitación y un rotor bobinado con escobillas que lo cortocircuitan, la velocidad y sentido de rotación dependen de la posición del eje y de las escobillas [OSB70]. Se utilizan para motores de ventilación pequeños y potencias fraccionales debido al par máximo del ventilador contra el par del motor que inicialmente es muy alto.

2.1.2.2.6 MOTORES DE INDUCCIÓN MONOFÁSICOS

Los motores de inducción monofásicos tienen capacidades nominales desde una pequeña fracción de un caballo de potencia, hasta cerca de 10 HP, los motores de inducción monofásicos como los de inducción trifásicos, tienen una característica de la velocidad casi constante [MAT 90]. Los motores de inducción se dividen en dos categorías: de jaula de ardilla y de rotor bloqueado.

Los motores de inducción monofásicos tienen generalmente rotores de jaula de ardilla, un motor de inducción monofásico no puede arrancar como tal, pero una vez que arranca en una dirección dada por medios mecánicos, u otros, desarrollará un par en esa dirección y alcanzará una velocidad sincrónica si el par de carga no es excesivo [MAT 90]. El motor de jaula de ardilla está integrado por un estator devanado y laminado y un rotor cilíndrico con núcleo de hierro. Los conductores de aluminio insertados en el rotor y los anillos forman la configuración llamada jaula de ardilla.

Los métodos más ampliamente usados para arrancar motores de inducción monofásicos incorporan una característica para producir un campo magnético rotatorio en el punto de reposo y se clasifican de la siguiente manera:

2.1.2.2.6.1 DIVISIÓN POR SU SISTEMA DE ARRANQUE

- **CON CAPACITOR:** El sistema de arranque está compuesto por un devanado de arranque en serie que produce un mayor par de arranque y aceleración, esta característica permite al motor tener un factor de potencia elevado, en la figura 2.1.2.2.6, se muestra el sistema de arranque que está compuesto principalmente por un devanado de arranque y un capacitor que se encuentran después del devanado principal y es separado por un interruptor electrónico o centrífugo.

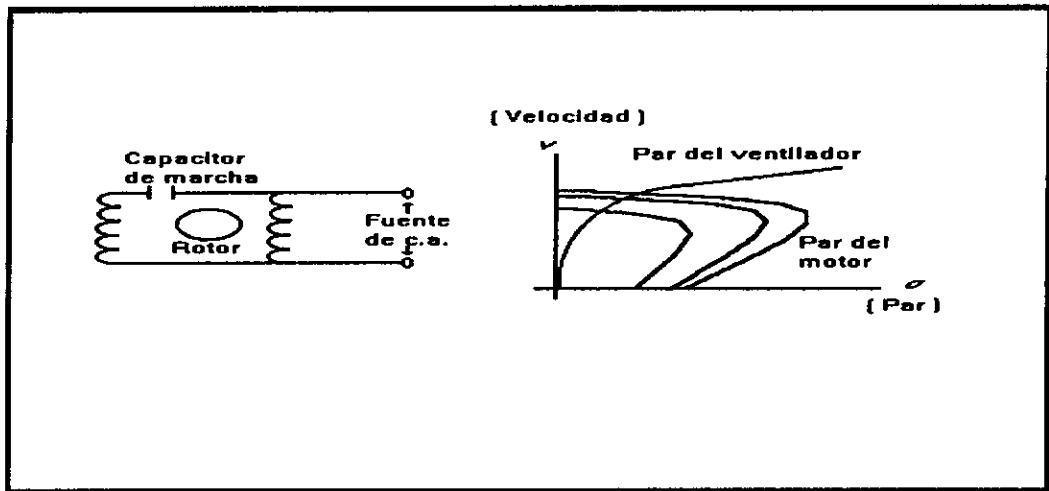


FIGURA 2.1.2.2.6 MOTOR DE ARRANQUE CON CAPACITOR

2.1.2.2.6.2 ARRANQUE POR CAPACITOR PERMANENTEMENTE DIVIDIDO: Es similar al de inducción con capacitor, pero el capacitor y el bobinado adicional sólo se usan para el arranque del motor, después del cual se desconectan mediante un relé o interruptor. El motor es normalmente de velocidad constante y el cambio de giro puede obtenerse invirtiendo las conexiones del bobinado de arranque. De la figura 2.1.2.2.6.2 se puede observar que el par de arranque es elevado, el ventilador se conecta directamente al eje pero este motor no es muy indicado, pues la velocidad podría traer la reconexión del capacitor produciendo un excesivo calentamiento de los bobinados.

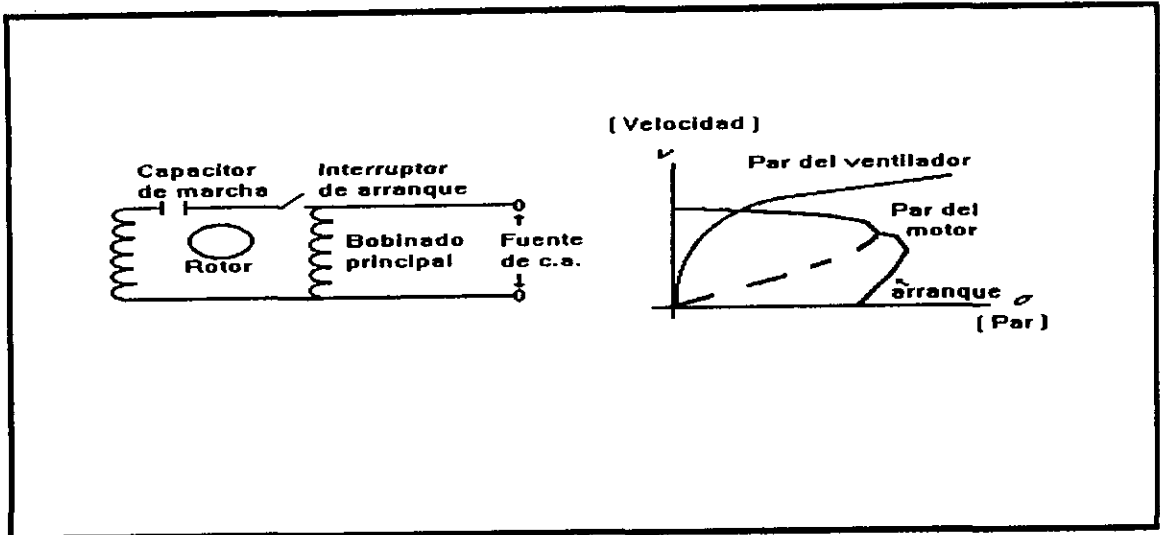


FIGURA 2.1.2.2.6.2 MOTOR CON ARRANQUE POR CAPACITOR PERMANENTEMENTE DIVIDIDO

2.1.2.2.6.3 ARRANQUE POR DOS CAPACITORES: tienen un capacitor con un interruptor de arranque y un capacitor en serie para mejorar la corriente a plena carga, el par de arranque y la velocidad. fig.2.1.2.2.6.3

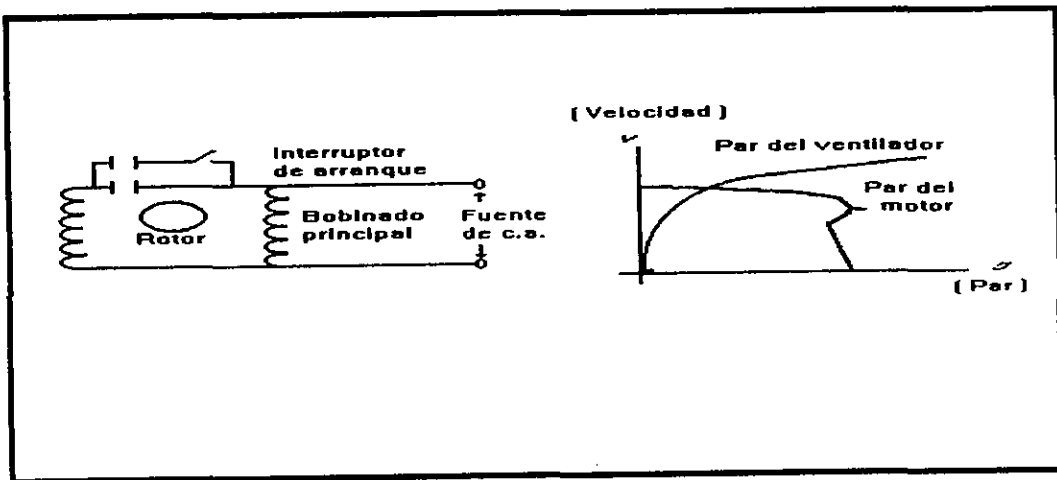


FIGURA 2.1.2.2.6.3 MOTOR CON ARRANQUE POR DOS CAPACITORES

2.1.2.2.6.4 ARRANQUE CON FASE BIPARTIDA O AUXILIAR: utiliza un bobinado de arranque el cual produce un desfase suficiente para que arranque el motor, este desfase se logra conectando una resistencia en serie con el bobinado de arranque o

construyendo el bobinado de arranque con una mayor relación de la resistencia a la reactancia que el bobinado principal, cuando el motor ha alcanzado su velocidad normal se desconecta el bobinado mediante un interruptor que sea controlado por un relé dependiente de la corriente del devanado principal o manualmente o por un interruptor centrífugo montado en el árbol del rotor. El cambio de giro se realiza invirtiendo las conexiones del bobinado de arranque. Este tipo sólo se fabrica en potencias fraccionarias y es útil para ventiladores de baja potencia. fig. 2.1.2.2.6.4

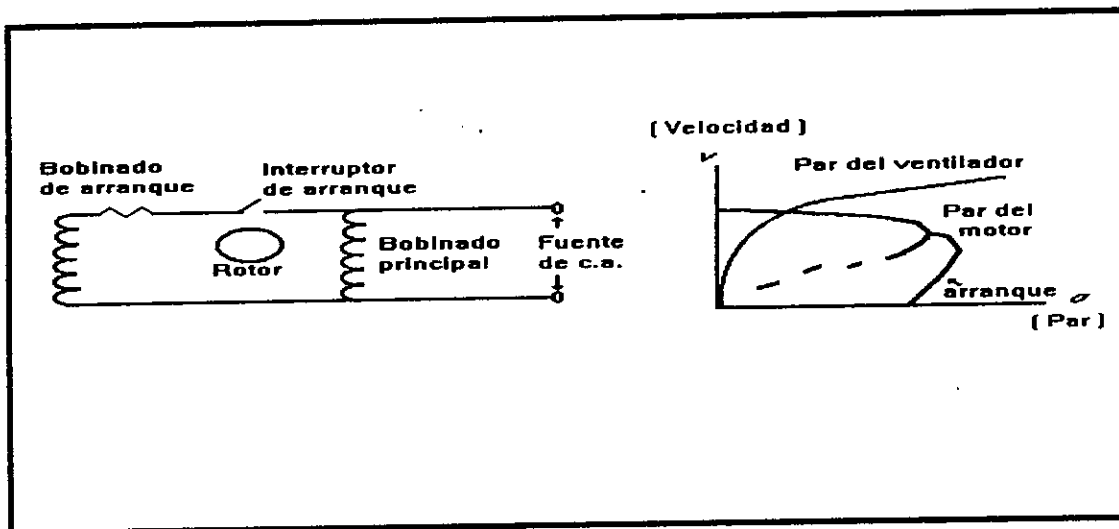


FIGURA 2.1.2.2.6.4 MOTOR CON ARRANQUE DE FASE BIPARTIDA O AUXILIAR

2.1.2.2.6.5 ARRANQUE CON ESPIRA DE SOMBRA: El arranque se efectúa con una espira en corto circuito, colocada en una ranura, que produce un campo magnético desfasado del principal. El embobinado auxiliar se usa para arrancar solamente, comparado con otros tipos de motores monofásicos sus características son inferiores y el factor de potencia es bajo (0.4 a 0.6), tienen alta resistencia a sobrecargas y por tener pérdidas elevadas éste motor puede reducir su velocidad hasta 50 %, comúnmente se utiliza para impulsar ventiladores de potencia inferior a 15 kW (20 HP) Fig. 2.1.2.2.6.5

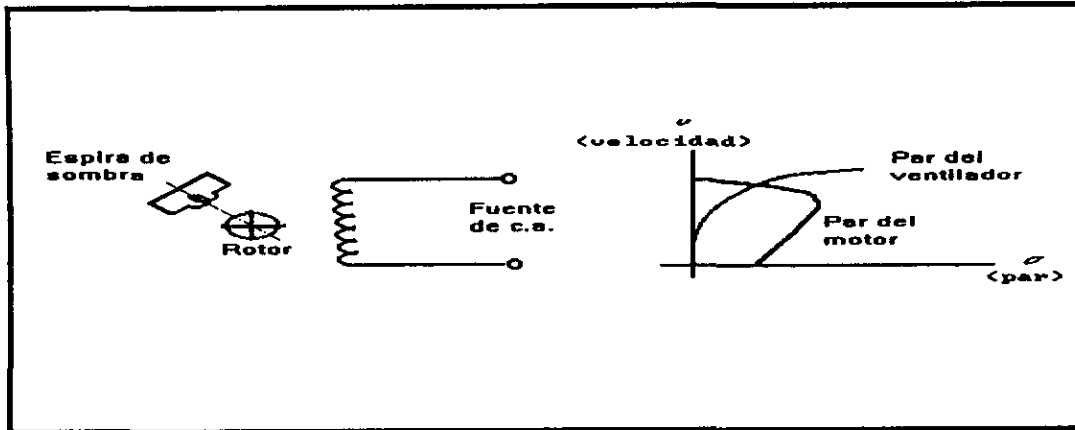


FIGURA 2.1.2.2.6.5 MOTOR CON ARRANQUE CON ESPIRA DE SOMBRA

2.1.2.2.6.6 MOTORES DE ROTOR DEVANADO

Este motor se diferencia del de inducción en jaula de ardilla en que existen bobinados en el rotor cuyas terminales se conectan a unos aros rozantes. Este motor es de velocidad regulable y la regulación se efectúa intercalando una resistencia en el circuito del rotor a través de los aros rozantes.

Es un motor excelente para impulsar ventiladores, principalmente si se requiere regulación del flujo de aire. El margen de la velocidad varía desde cero hasta el cincuenta por ciento para que el regulador sea de proporciones económicas.

Existen en todos los tamaños, pero son más comunes los motores de gran potencia.

2.1.2.2.6.7 MOTORES DE REPULSIÓN

Estos motores tienen devanado de armadura, conmutador y escobillas, el devanado de inducción el cual induce corriente en el devanado de armadura que reacciona con el de campo magnético establecido con el devanado de campo para producir el par de arranque. Las características de este motor permiten tener un factor de potencia elevado, este motor tiene un estator con dos arrollamientos: la

fase eléctrica de uno de ellos está girada prácticamente 90° respecto a la fase del otro bobinado, esto se obtiene intercalando un condensador permanente en serie con uno de ellos.

2.1.2.2.6.7 ARRANQUE POR REPULSIÓN: Es parecido al anterior, el arranque se efectúa como en un motor de repulsión: las escobillas están cortocircuitadas, al llegar a la velocidad del régimen un interruptor centrífugo cortocircuita todas las delgas del colector. figura 2.1.2.2.6.7

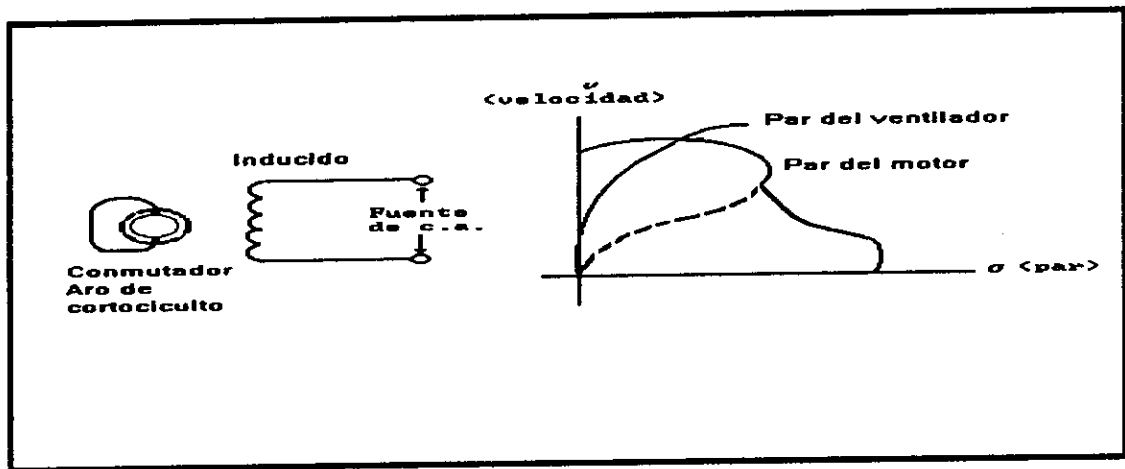


FIGURA 2.1.2.2.6.7 MOTOR CON ARRANQUE POR REPULSIÓN

2.1.2.2.6.8 MOTORES SINCRONOS MONOFÁSICOS

Son motores de velocidad constante que operan con sincronismo respecto a la frecuencia de línea o fase, la velocidad está determinada por el número de pares de polos, al igual que los motores de inducción los motores síncronos no pueden arrancar por sí mismos y para ello utiliza circuitos de arranque. Debido a su construcción se pueden dividir en tres: motores no excitados de reluctancia, de histéresis sin excitación y no excitados de imán permanente:

2.1.2.2.6.8.1 MOTORES SÍNCRONOS DE RELUCTANCIA: Tienen construcción de jaula de ardilla con polos salientes, debido a esta construcción el motor se sincroniza en menos de un ciclo del voltaje aplicado

2.1.2.2.6.8.2 MOTORES SÍNCRONOS DE HISTÉRESIS: estos no tienen arreglo físico de polo en sus rotores, se utilizan como motores de control de tiempo para aplicaciones que requieren velocidad constante.

2.1.2.2.6.8.3 MOTORES SÍNCRONOS DE IMÁN PERMANENTE: tienen imanes permanentes incrustados en un rotor del tipo de jaula de ardilla.

2.1.2.2.6.9 MOTORES POLIFÁSICOS

Motores Trifásicos: son para todo uso y no requieren devanado de arranque, interruptores o capacitores de arranque. El caballaje varía desde 0.5 HP hasta 2500HP o más. Otra ventaja es que pueden cambiar de giro.

La división de estos motores se presenta a continuación:

2.1.2.2.6.10 MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA: Trabajan a velocidad constante, son ampliamente utilizados en la industria.

2.1.2.2.6.11 MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN DE ROTOR DEVANADO: Este tipo de motores ofrece más control de la velocidad y del par de torsión que los motores de inducción de jaula de ardilla, lo mismo que la gran ventaja de accesibilidad del circuito del rotor.

2.1.2.2.7 MOTORES UNIVERSALES

Son motores monofásicos con excitación en serie que pueden operar con corriente alterna y corriente directa.

2.2 VIBRACIÓN

El objetivo de este trabajo de tesis se basa en la detección de vibración excesiva en los motores de ventiladores de interestación del metro en particular de la línea 3, por esto se considera importante estudiar los conceptos básicos sobre vibración, siendo relevantes los efectos adversos que ésta puede ocasionar.

JUSTIFICACIÓN

Cuando un ventilador está en movimiento la estructura del ventilador estará en estado de vibración, según las características de: velocidad, diseño, construcción y mantenimiento del motor. Si se permite que esta vibración se transmita a la estructura del anclaje o a las canalizaciones conectadas a él, entonces se comunicará el movimiento acentuándose como en un altavoz, y, en casos extremos, se pueden mezclar con otra fuente de vibraciones reduciendo la vida de sus componentes, es decir: llegar a oscilar a la frecuencia de resonancia ocasionando daños mayores en el equipo.

2.2.1 VIBRACIÓN

Se llama vibración al movimiento realizado por un sistema físico que contiene una o varios elementos o dispositivos conectados alrededor de una posición de equilibrio estable. Comúnmente la oscilación se utiliza como sinónimo de vibración ya que algunos de estos movimientos se repiten en forma periódica. Las vibraciones pueden ser mecánicas, eléctricas, electromagnéticas, acústicas y térmicas según la naturaleza del sistema en que se presentan.

Dependiendo del tipo de fuerzas que actúan sobre el sistema en movimiento las vibraciones se clasifican en dos grandes grupos: [SOL 90]

- a) Vibraciones Libres
- b) Vibraciones Forzadas

2.2.2 VIBRACIONES LIBRES

Estas se presentan cuando en un sistema dado, actúan fuerzas propias del sistema como las proporcionadas por resortes, amortiguadores y peso propio del sistema que se ponen en movimiento con una velocidad inicial. Las oscilaciones disminuirán gradualmente de amplitud a causa de fuerzas de resistencia al movimiento (resistencia del aire o fluido, la fricción y la inercia del cuerpo). [LAF68]

En la figura 2.2.1 se muestra un montaje elemental que consiste en un resorte helicoidal intercalado entre el ventilador y la estructura del inmueble, el peso del ventilador comprime al resorte una cierta cantidad denominada "deflexión estática". Al ejercer el resorte un empuje sobre el ventilador en la dirección del montaje éste vibrará sobre su posición original a este tipo de vibración se denomina vibración libre o natural. [OSB70]

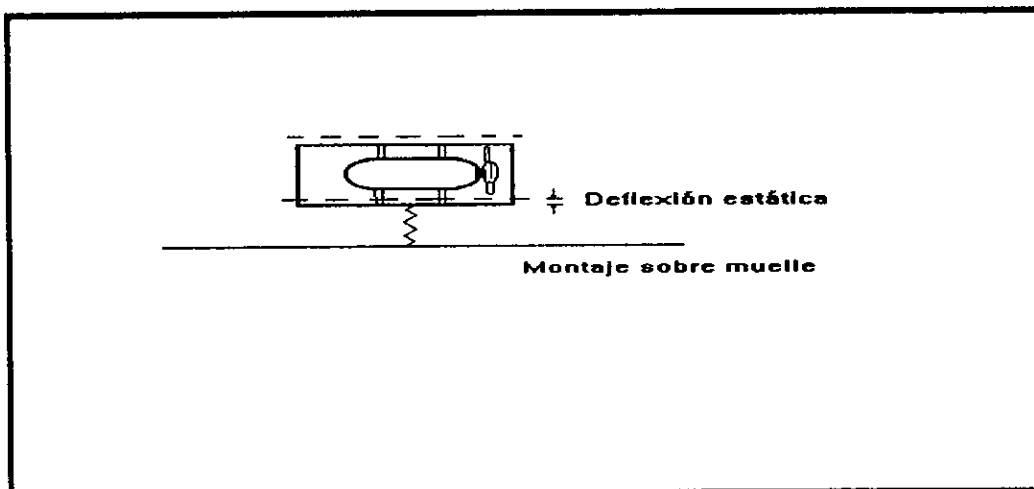


FIGURA 2.2.1 VENTILADOR EN UN MONTAJE ELÁSTICO ELEMENTAL

2.2.3 VIBRACIÓN LIBRE CON UN GRADO DE LIBERTAD O VIBRACIÓN NATURAL

El modelo matemático correspondiente a este tipo de vibración se obtiene aplicando la segunda ley de Newton ($F=ma$) donde "m" es la masa total del ventilador, y se tiene un resorte de masa despreciable y constante de elongación "k", donde "y" determina la posición del cuerpo desde su posición inicial. [sol. 89]

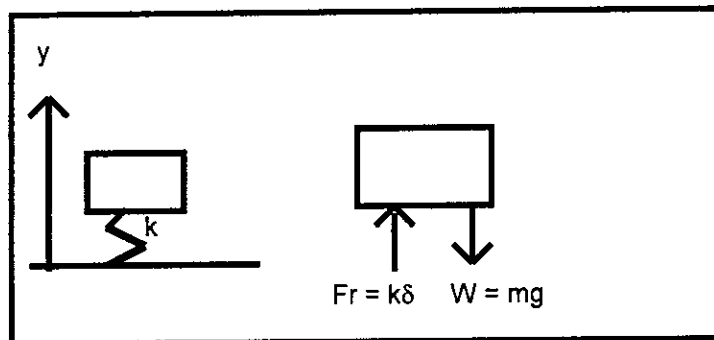


FIGURA 2.2.3 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE EN LA POSICIÓN NORMAL DE EQUILIBRIO

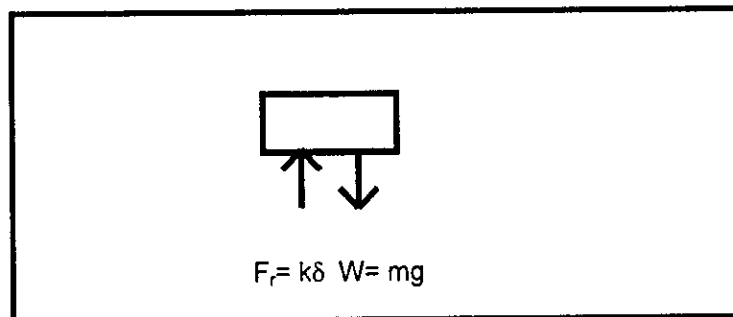


FIGURA 2.2.3.1 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE EN UNA POSICIÓN "Y" DIFERENTE DE CERO

Aplicando $\Sigma F_y = m \frac{d^2 y}{dt^2}$ obtenemos:

$$mg - k(y + \delta) = m \frac{d^2 y}{dt^2}$$

de donde:

$$mg - k y - k\delta = m \frac{d^2 y}{dt^2}$$

Para las condiciones iniciales

$$y = 0 \text{ y } \Sigma F_y = 0$$

Fr = w, reduciendo la ecuación anterior

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{k}{m} y = 0$$

ó

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \omega_n^2 y = 0 \quad \dots\dots(1)$$

Representada de otra forma:

$$D^2 + \omega_n^2 = 0, \text{ la cual tiene como raíces } D = \pm j\omega$$

La solución general para esta ecuación diferencial de segundo orden es:

$$y(t) = C_1 e^{j\omega t} + C_2 e^{-j\omega t}$$

$$\text{Para } y > 0 \text{ y } F_y = ma = m \frac{d^2 y}{dt^2} \quad \dots\dots(2)$$

La solución de esta ecuación diferencial viene dada por:

$$Y = A \sin \omega_n t + B \cos \omega_n t \quad \dots\dots(3)$$

donde A y B son constantes y $\omega_n = k/m$ representa la frecuencia de vibración y el

periodo se representa por: $t = \frac{2\pi}{\omega_n}$

donde "p" es el periodo del sistema.

2.2.4 VIBRACIÓN LIBRE CON AMORTIGUAMIENTO VISCOSO Y UN GRADO DE LIBERTAD

Al incorporar en el sistema un mecanismo almacenador de energía viscoso (amortiguador), se establece una nueva ecuación del diagrama de cuerpo libre anterior, el movimiento tendería a ser infinito, sin embargo, teniendo en cuenta que existen fuerzas opositoras al movimiento que disipan energía, como es el amortiguamiento viscoso del aire, el movimiento será limitado y las oscilaciones tenderán a ser cada vez más pequeñas y finalmente alcanzar el reposo.

De acuerdo con el diagrama de cuerpo libre de la figura 2.2.2 se tendrá:

k : es la constante de elongación del resorte

τ : es el desplazamiento en y
para el sistema en equilibrio

$$\sum F_y = 0$$

$$k\tau - W = 0$$

$$\sum f_y = ma$$

$$ky + C \frac{dy}{dt} + (-mg) = ma \quad \dots (4)$$

$$\text{si } ma = \frac{dy^2}{dt^2} \quad \text{y } mg = W$$

$$W - C \frac{dy}{dt} - ky = ma = m \frac{d^2y}{dt^2} \quad \dots (5)$$

Para establecer la solución a esta ecuación diferencial se tiene:

$$m \frac{d^2y}{dt^2} + C \frac{dy}{dt} + ky = 0 \quad \dots (6)$$

La respuesta del sistema se caracteriza por una ecuación diferencial de segundo orden e involucra dos elementos capaces de almacenar energía.

Sustituyendo nuevas variables:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + b_1 \frac{dy}{dt} + b_0 y = 0 \quad \dots (7)$$

$$b_1 = 2\alpha = \frac{C}{m}$$

$$b_0 = \omega_n^2 = \frac{k}{m}$$

$$\alpha = \varepsilon \omega_n$$

donde:

α : constante de amortiguamiento del sistema

ω_n : velocidad angular no amortiguada del sistema

ε : factor de amortiguamiento relativo del sistema

La ecuación de segundo orden se puede representar como una ecuación cuadrática de segundo orden de la forma:

$$m^2 + b_1 m + b_0 = 0$$

con raíces

$$m_1 = -\frac{1}{2}b_1 + \frac{1}{2}\sqrt{(b_1^2 - 4b_0)}$$

$$m_2 = -\frac{1}{2}b_1 - \frac{1}{2}\sqrt{(b_1^2 - 4b_0)}$$

Existen cuatro posibilidades para la solución de las raíces

- 1) Raíces reales diferentes $(b_1^2 > 4b_0)$
- 2) Raíces reales conjugadas $(b_1^2 = 4b_0)$
- 3) Raíces complejas diferentes $(b_1^2 < 4b_0)$
- 4) Raíces complejas conjugadas $(b_1 = 0)$

1) Raíces reales diferentes

$$(b_1^2 > 4b_0)$$

En el primer caso se dice que el comportamiento es sobreamortiguado

$$(\alpha > \omega_n \text{ ó } \varepsilon > 1)$$

La respuesta del sistema esta dada por la ecuación

$$Y(t) = k_1 e^{-m_1 t} + k_2 e^{-m_2 t}$$

2) Raíces reales conjugadas

$$(b_1^2 = 4b_0)$$

En este caso las frecuencias naturales del sistema son reales e iguales ($\alpha = \omega_n$ ó $\varepsilon = 1$) y se dice que el comportamiento del sistema es críticamente amortiguado.

La repuesta del sistema está dada por la ecuación

$$Y(t) = (k_1 + k_2 t) e^{-mt}$$

3) Raíces complejas diferentes

$$(b_1^2 < 4b_0)$$

En este caso la constante de amortiguamiento del sistema es menor a la velocidad angular del sistema y se dice que el sistema es sobreamortiguado.

La respuesta del sistema se representa por la ecuación:

$$Y(t) = k_1 e^{-\alpha t} + k_2 e^{-\alpha t}$$

4) Raíces complejas conjugadas

$$(b_1 = 0)$$

En este caso se dice que el sistema es subamortiguado debido a que se considera que la constante de amoriguamiento del sistema es despreciable ($\alpha = 0$)

$$Y(t) = (k_1 \cos \beta t + k_2 \text{ sen } \beta t) e^{-\alpha t}$$

2.2.5 VIBRACIÓN FORZADA

Como se mencionó anteriormente en este tipo de vibración actúa una fuerza resultante externa del sistema la cual se conoce como fuerza perturbadora o fuerza excitadora $F_e = P \sin \omega t$ (8)

La vibración forzada puede iniciarse a partir de cualquier posición ocupada por el "sistema en estudio". La ecuación representativa de la vibración resultante constará de dos partes, una por la vibración amortiguada libre representada por la ecuación (6) y la otra por la ecuación (1) que se obtiene del diagrama de la figura 2.2.6

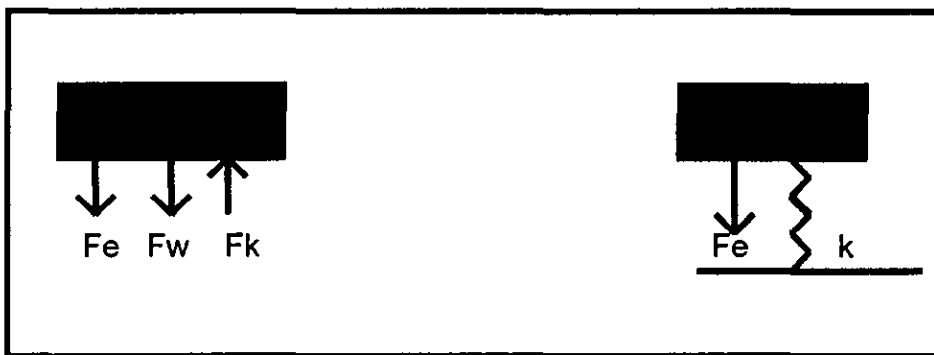


FIG. 2.2.6 VIBRACIÓN FORZADA

Si $\Sigma F_y = m \frac{d^2y}{dt^2}$ (9)

sustituyendo del diagrama de cuerpo libre de la figura anterior:

$$F_e + F_w - F_k = \frac{d^2y}{dt^2}$$

$$F_e + mg - k(y + \delta) = \frac{d^2y}{dt^2} \quad \dots (10)$$

en la posición de equilibrio $\Sigma F_y = 0$

$$F_w - F_k = 0 \quad \dots (11)$$

$$mg = k\delta$$

la ecuación se reduce a:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{k y}{m} = F_e = P \text{ sen } \omega t \quad \dots (12)$$

si consideramos que

$$\frac{k}{m} = \omega_n^2$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{\omega_n^2 y}{m} = F_e = P \text{ sen } \omega t \quad \dots (13)$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{k y}{m} = F_e = P \text{ sen } \omega t \quad \dots (14)$$

ó

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \omega_n^2 y = P \text{ sen } \omega t \quad \dots (15)$$

2.2.6 VIBRACIÓN FORZADA CON AMORTIGUAMIENTO VISCOSO

En este tipo de vibración se considerará un sistema físico en movimiento donde actúan fuerzas como la amortiguadora (C), la restauradora (k) y la excitadora (F_{ex}). La fuerza excitadora es directamente proporcional a la velocidad del sistema físico y cuyo sentido es contrario al de dicha velocidad y puede originarse por la condición mencionada a continuación;

$$F_{ex} = F_o \text{ sen } \omega t \quad \text{con } F_o \text{ y } \omega \text{ constantes}$$

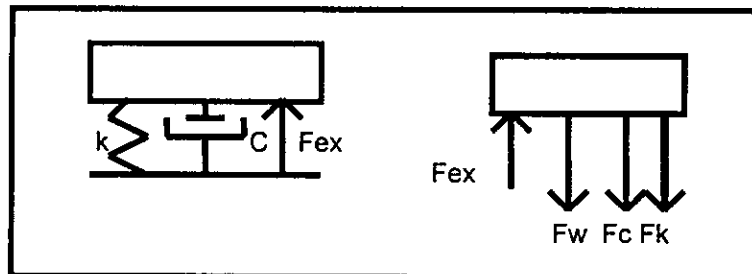


FIGURA 2.2.6 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE

La ecuación 15 se transforma en:

$$F_k + F_c + F_w = F_{ex} \quad \text{si } F_{ex} = F_o \text{ sen } \omega t$$

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + C \frac{dy}{dt} + k y = F_o \text{ sen } \omega t$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + C \frac{dy}{m dt} + \omega_n^2 y = \frac{F_o \text{ sen } \omega t}{m} \quad \dots\dots (17)$$

Para la solución del sistema se supone que la expresión para la vibración forzada tiene la forma:

$$y = Y \text{ sen } (\omega t - \phi) \quad \dots\dots (18)$$

donde Y y ϕ son constantes

Al sustituir 19 en 18 se tiene;

$$- \omega^2 Y \text{ sen } (\omega t - \phi) + C \omega Y \text{ cos } (\omega t - \phi) + k Y \text{ sen } (\omega t - \phi) = F_o \text{ sen } \omega t$$

para que se cumpla la igualdad Y y ϕ deben ser :

$$Y = \frac{F_o / k}{((1 - (\omega/\omega_n)^2)^2 + 4\varepsilon^2 (\omega/\omega_n)^2)^{0.5}}$$

$$\Phi = \tan^{-1} \frac{2\varepsilon (\omega/\omega_n)}{1 - (\omega/\omega_n)^2}$$

donde $\omega_n^2 = k / m$

2.3 Monitoreo de vibraciones en equipos de ventilación de interestación en el STC (METRO)

Los equipos de interestación localizados en interestaciones tienen acceso por desfogues (lumbreras) o por vías.

El acceso a estos equipos se encuentra restringido y debe ser programado, además la ubicación limita el transporte de herramientas para una reparación de mayor índole.

Es por esta razón que estos equipos tienen diferentes protecciones en su sistema de control.

Las protecciones del sistema de control son:

Interruptor Termomagnético

Elementos Térmicos

Enclaves de Servicio

Compuertas para el arranque al vacío

Fusibles de protección

Contra vibración anormal

2.3.1 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO

Es un dispositivo diseñado para conectar y desconectar el circuito de forma manual: además tiene la función de brindar protección al circuito contra fuertes sobrecargas en el mismo y condiciones de cortocircuito.

Estos interruptores están integrados por tres componentes básicos;

- Unidad de disparo
- Mecanismo de apertura
- Una cámara de extinción de arco

Este tipo de interruptores tiene la ventaja de que si se presenta una falla en una fase, actúa sobre una barra común que abre todas las fases simultáneamente,

evitando así el daño de dejar un motor polifásico trabajando en una sola fase como ocurre con un dispositivo de fusibles.

Su símbolo eléctrico se presenta en la figura 2.3.1

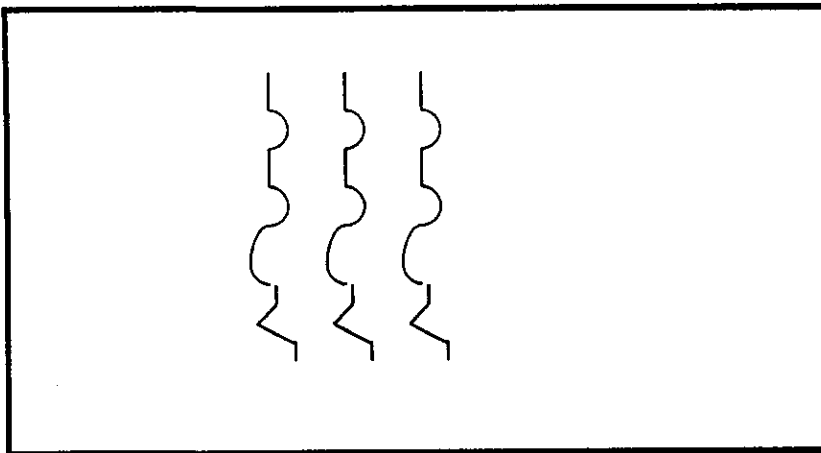


FIGURA 2.3.1 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO

2.3.2 ELEMENTOS TÉRMICOS

Es un medio para la protección de sobrecargas en líneas eléctricas, debido a que su característica es aproximadamente la misma del promedio en el comportamiento de conductores bajo condiciones de temperaturas ambientes variadas.

El elemento térmico consiste en la unión de dos materiales que tienen diferentes coeficientes térmicos de expansión.

El calentamiento de una corriente excesiva causará que el bimetálico se flexione operando el dispositivo de disparo.

Su símbolo eléctrico se presenta en la figura 2.3.2

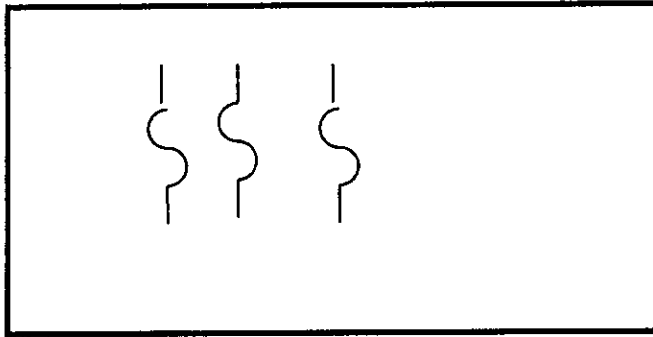


FIGURA 2.3.2 SÍMBOLO ELÉCTRICO DE ELEMENTOS TÉRMICOS

2.3.3 ENCLAVES MECÁNICOS

Son dispositivos mecánicos que aseguran que dos contactores entren a trabajar al mismo tiempo y además de garantizar que entrará alguno de ellos toda vez que el otro se encuentra fuera. A este dispositivo se le conoce también como Interlock.

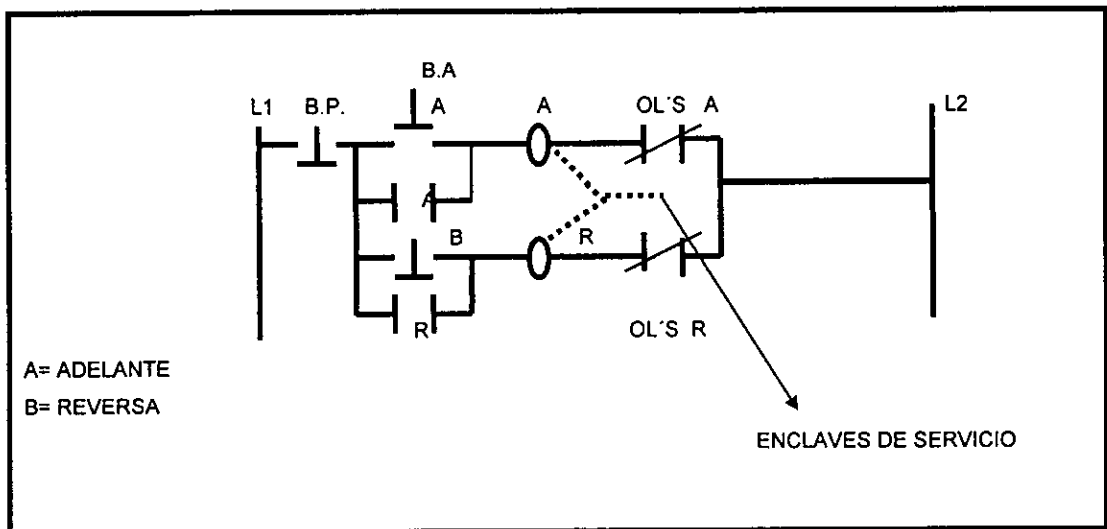


FIGURA 2.3.3 INTERCONEXIÓN MECÁNICA

2.3.4 COMPUERTAS PARA EL ARRANQUE DEL EQUIPO

Su operación puede ser manual o por medio de un circuito de control (Conocido como modutrol) que asegura el vacío en las aspas del ventilador y su libre movimiento al arranque.

2.3.5 FUSIBLES DE PROTECCIÓN

La función básica del fusible es proteger al motor contra algún cortocircuito.

2.3.6 CONTRA VIBRACIÓN ANORMAL

La protección contra vibración anormal se realiza a través de un monitor de vibraciones Mca. Robert Shaw, este sistema realiza un monitoreo de vibraciones después de que el motor realiza su tiempo de arranque. Este tiempo es programable, y si existe un número repetitivo de vibraciones el monitor por medio de un contacto ligado al control del motor deja fuera de servicio al ventilador.

El monitor de vibraciones recibe dos señales principales con las cuales realiza el monitoreo y permite cerrar el contacto. Una de las señales que recibe es la de que el motor tiene presencia de voltaje trifásico (L2 y L3) y su presencia se denota en los bornes 1 y 2 de TB10 y si no existió vibración anormal realiza el cierre del contacto 3 y 4 de TB9.

La otra señal es la de vibración, esta también es programable, y si el monitor recibe cinco eventos repetitivos el monitor realizará la apertura del contacto 3 y 4 de TB9.

El monitor tiene una opción de alarma remota en los bornes 6 y 7 de TB9, de estos puntos se tomará la señal para el monitoreo de alarmas.

Por último es conveniente mencionar que como en cada interestación existen dos ventiladores también existen dos monitores, uno por cada ventilador.

2.4 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

La comunicación es el proceso mediante el cual, la información se transfiere de un lugar a otro. En este sentido, la comunicación consiste en enviar información, que puede ser del tipo sonoro (como sonidos elementales hasta abstractos como el lenguaje musical), visual (imágenes, expresiones faciales, lenguajes mímicos, etc.), cantidades físicas (temperatura, presión, velocidad, etc.) textos (cartas, telegramas, etc.) y también información codificada para su procesamiento, es decir códigos utilizados en computadora.

Un sistema de comunicación es la integración de elementos y procesos que proporciona el enlace para que la información generada por la fuente llegue al destino.

Los sistemas de comunicación, son los elementos necesarios para obtener acceso fácil, económico y eficiente a los medios de comunicación. El teléfono, la radio y la televisión son ejemplos cotidianos de sistemas de comunicación. Los sistemas de comunicación modernos no sólo son necesarios para los negocios, la industria, los bancos y la divulgación al público, sino también esenciales para el bienestar y la defensa de las naciones.

2.4.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN

El objetivo de un sistema de comunicación es proporcionar una réplica del mensaje enviado a un punto determinado. Para llevar a cabo este proceso es necesario de la integración de varios elementos. También en un sistema de comunicación existen otros factores no deseados o propios del sistema.

La figura 2.4.1 muestra los elementos que integran a un sistema de comunicación:

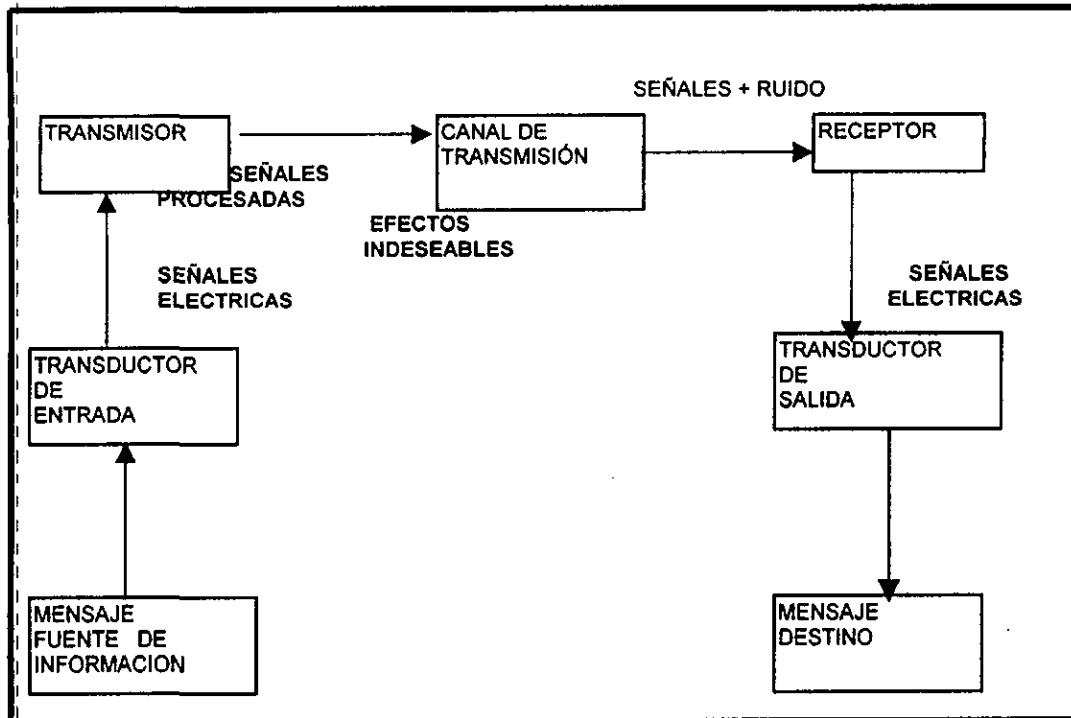


FIGURA 2.4.1 SISTEMA TIPICO DE COMUNICACIONES

2.4.2 FUENTE DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información son fenómenos del mundo físico como sonidos, voz, imágenes, etc., que puede ser generados por personas, animales, fenómenos naturales, computadoras, etc., de donde surge el mensaje que será convertido a una señal eléctrica.

2.4.3 TRANSDUCTOR

Los transductores se definen en general como los dispositivos que convierten la energía de una forma a otra. En un sistema de comunicación, el transductor utilizado es aquel que convierte el mensaje en una señal eléctrica.

2.4.4 TRANSMISOR

Es el dispositivo que se encarga de adecuar el mensaje de tal manera que sea posible transportarlo por el canal de información, para esto se lleva a cabo un proceso de filtrado, amplificación, modulación, emisión. La modulación es el proceso que se distingue de los demás por el manejo o modificación de la señal para adecuarla al medio de transmisión en cuestión.

2.4.5 MEDIO DE TRANSMISIÓN

Es el elemento de enlace entre el emisor y receptor, es decir por donde se transporta la información. Este puede ser un cable, el espacio libre, fibra óptica, un rayo láser, etc.

Un punto muy importante, en los medios de transmisión es la atenuación o disminución progresiva de la potencia conforme aumenta la distancia, por lo tanto, es un factor que debe ser considerado.

2.4.6 RECEPTOR

Una vez que el mensaje llega al receptor, en él se llevan a cabo procesos de detección, filtrado, demodulación y amplificación. Con el objeto de entregarlo al destino de una forma apropiada para ser entendida en esta etapa, las señales son frecuentemente muy débiles como resultado de la atenuación, el receptor debe tener varias etapas de amplificación.

Un dispositivo muy importante en esta etapa es el demodulador, que efectúa el proceso inverso de la modulación es decir, la señal vuelve a su forma original.

2.4.7 DESTINO

El destinatario es el elemento final a donde llega la información.

2.4.8 CONTAMINANTES (EFECTOS INDESEABLES)

En un sistema de comunicación, las señales que portan la información se contaminan y no sólo en alguna etapa específica, los contaminantes afectan a la mayoría del sistema, para evitar esto se desarrolla una serie de métodos, con el fin de eliminarlo aunque es complicado únicamente se logra disminuirlo. A este contaminante se le conoce como ruido.

El ruido es producido o generado por hechos naturales y artificiales, que producen errores en el sistema de comunicación.

En sí cualquier perturbación no deseada en la señal se le considera ruido, y en ocasiones es difícil distinguir su causa o la causa que lo origina.

Los principales contaminantes que afectan a una señal de transmisión en un sistema de comunicación son:

- Distorsión
- Interferencia
- Atenuación
- Ruido.

2.5 MEDIOS DE TRANSMISIÓN

En el monitoreo de alarmas de los equipos de ventilación surge la necesidad de transportar un mensaje del punto donde se encuentran los equipos de ventilación al punto o lugar donde se verificará la información del mensaje. El mensaje informa los estados en que se encuentran los equipos de ventilación o simplemente ventiladores, los estados de los ventiladores son únicamente dos y estos son:

- Estado de paro (ocurre cuando hay vibración peligrosa)
- Estado de funcionamiento (puede existir vibración, pero no al extremo de parar al ventilador)

Para la realización de la presente tesis, es necesario conocer el medio físico de transmisión adecuado para un eficiente transporte del mensaje; en donde lo más importante en la selección del medio de transmisión, después del costo, son sus características.

En la actualidad existe una gran variedad de medios de transmisión tanto aéreos como terrestres. A continuación se explicará brevemente las características de algunos de los medios de transmisión enfocados para el proyecto.

2.5.1 CONDUCTOR

Los conductores son elementos de conexión entre componentes en cualquier circuito eléctrico o electrónico. Idealmente un conductor no tiene resistencia sin embargo, su comportamiento difiere del ideal por tanto presenta resistencia, capacitancia e inductancia no nulas.

La expresión 2.5.1.1 es la resistencia de un conductor cilíndrico uniforme para corriente continua: [JFRR]

$$R_{cc} = \frac{l}{\sigma A} \quad 2.5.1.1$$

donde:

l es la longitud, A es el área o sección transversal, σ es la conductividad del material.

Para corrientes alternas, la resistencia disminuye, particularmente a altas frecuencias (desde el orden de Mhz), debido al efecto pelicular o efecto piel, hasta el punto de que en alta frecuencia un conductor sólido tiene igual resistencia que un conductor hueco.

Otro factor a considerar en un conductor, es la inductancia, la cual suele producir sorpresas desagradables; porque incluso a bajas frecuencias un conductor puede tener una reactancia inductiva superior a su resistencia.

2.5.2 CABLE

Es uno de los medios físicos de transmisión fundamental en sistemas de comunicación y uno de los candidatos a ser seleccionado para utilizarlo en el proyecto. Los cables están constituidos por conductores individuales (conocidos como alambres o hilos), los cuales están protegidos por una cubierta de protección llamada aislante. Por lo general los cables están hechos de cobre, pero en algunos casos el cobre es reemplazado por aluminio o una aleación de cobre y aluminio.

En la selección del cable, es importante conocer sus características, con el fin de comparar, y así elegir el más óptimo. Un punto importante en la selección es basarse en lo siguiente: *normalmente el mejor conductor eléctrico es el que presenta las menores pérdidas por resistencia durante la transmisión de señales eléctricas.*

[STANLEY]

2.5.3 CABLE COAXIAL

Los cables coaxiales se componen de dos conductores, siendo uno de ellos un hilo de un cierto diámetro y el otro un cilindro concéntrico, los cuales están separados por un dieléctrico. [MONTESINOS]

Los cables coaxiales que se emplean para transmisiones, el dieléctrico utilizado es principalmente aire, (es debido al efecto pelicular) y para sostener al conductor interno del externo se utilizan arandelas de polietileno a espacios regulares. En los cables de pares trenzados la transmisión de señales a alta frecuencia (por encima de los 200 khz) se hace prácticamente irrealizable, esto se evita con el cable coaxial, que permite emplear frecuencias de transmisión superiores a los 200 khz.

Para el diseño de algún sistema eléctrico-electrónico las propiedades eléctricas a considerar en los cables son: **resistencia, capacidad, inductancia y aislamiento**, que en conjunto determinan la respuesta en frecuencia del cable. A continuación se explicaran cada una de estas propiedades.

2.5.3.1 RESISTENCIA

Se define como la oposición que presenta el cable o conductor en cierta distancia al paso de la corriente eléctrica. Su símbolo es **R**, y se mide en ohms/Kilometro ($\Omega/\text{Km.}$). Su valor depende de las siguientes características: material del que esta hecho (generalmente es cobre), diámetro del conductor y frecuencia de la señal eléctrica que recorre el conductor. [MONTESINOS]

Donde se observa que dos de estas características dependen de la expresión siguiente, y la tercera característica es función del efecto Kelvin.

$$R_{c.c} = \frac{l}{\sigma A}$$

2.5.3.2 INDUCTANCIA

Este efecto aparece por el hecho de que la corriente que circula por el cable es una corriente variable, esta corriente variable crea un flujo magnético y como consecuencia, aparece una **FEM** (fuerza electromotriz) inducida, a este fenómeno se le llama autoinducción. La función que realiza la FEM inducida es oponerse a las variaciones de corriente, y por tanto a su circulación. Se define por tanto a la inductancia como el cociente del flujo magnético entre la corriente que la produce, su símbolo es **L** y se mide en Henry/Kilometro (H/Km.).

$$L = \Phi / i$$

2.5.3.3 CAPACITANCIA

Todo capacitor está formado por dos placas y un dieléctrico que la separa, este efecto también se produce en un sistema eléctrico o electrónico con cables o conductores, es decir en un circuito dos conductores separados por un aislante forman un capacitor. En un sistema eléctrico la capacitancia está distribuida a lo largo de la línea. El fenómeno de la capacitancia aumentará o disminuirá dependiendo del diámetro de los conductores y de la separación de estos, su símbolo es **C** y se mide en microfaradios/Kilometro ($\mu\text{f}/\text{Km}$), y se define como.

$$C = q/V \text{ coulomb/volts}$$

2.5.3.4 CONDUCTANCIA

Otro factor importante para evitar cortocircuitos y garantizar un funcionamiento correcto, es el recubrimiento o aislamiento de los conductores que permite además agrupar varios conductores en un dieléctrico.

Del aislamiento aparece otra característica eléctrica la conductancia, su símbolo es G y es debido a que entre dos conductores que forman una línea de transmisión, su aislamiento nunca es perfecto y por tanto se presentan fugas de corriente. Por lo que existe una resistencia entre ambos conductores, que debiera ser infinita, la conductancia se le considera como la inversa de la resistencia y se expresa en mho/Km. ($\text{S}/\text{Km.}$).

El aislante (dieléctrico) se elige, en cuanto a composición y espesor del conductor o conjunto de conductores, los dieléctricos más usuales en cables son: el PVC (cloruro de polivinilo), el polietileno y el teflon. [JFRR]

La representación de una línea de transmisión de dos conductores se caracteriza por cuatro magnitudes, referidas a una unidad de longitud (un kilómetro en la mayor parte de los casos); en conjunto se les llama, parámetros distribuidos en la figura 2.5.3.4.1 se muestran, y por efecto de estos surge la impedancia característica Z_0 .

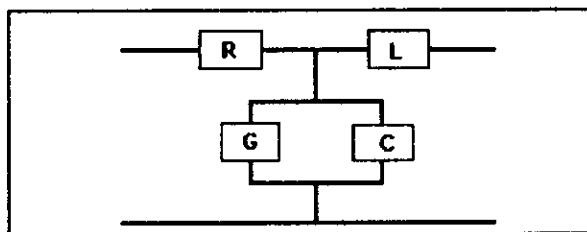


Figura 2.5.3.4.1 Parámetros distribuidos

2.5.3.5 IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA Z_0

La impedancia característica es la relación de voltaje a corriente en cualquier punto de la línea de transmisión.

El efecto de impedancia surge por los parámetros distribuidos donde la resistencia e inductancia por unidad de longitud se encuentra distribuidas en serie, así como las de capacitancia y fugas distribuidas en derivación por unidad de

longitud. Mediante los parámetros distribuidos en líneas de transmisión, la impedancia característica viene dada por la expresión 2.5.3.5.1.

$$Z_0 = \sqrt{(R + j\omega L) / (G + j\omega C)} \quad 2.5.3.5.1$$

Donde, considerando un valor de resistencia muy bajo y un perfecto aislamiento podemos despreciar R y G, por lo que se tiene una línea sin pérdidas, la expresión 2.5.3.5.2 se reduce a:

$$Z_0 = \sqrt{L/C} \quad 2.5.3.5.2$$

Para elegir algún modelo comercial de cualquier tipo de cable, se elige en función de la capacidad e impedancia adecuada, teniendo en cuenta la máxima tensión aplicada. Como los que se muestran en la tabla 2.5.3.5.1.

Tipo de cable	Capacitancia pF/m	Impedancia Zo (ohms)	Atenuación dB/100 m
Par trenzado rígido	5 a 8	115 a 70	--
Par trenzado con PVC	4 a 6.5	135 a 80	--
Coaxial tipo RG	44 a 101	95 a 50	17 a 57 (400 MHz)
Coaxial miniatura dieléctrico aire	43 a 53	95 a 75	33 a 52 (400 MHz)
Cable plano	3.5 a 5	120 a 85	--

Tabla 2.5.3.5.1 Parámetros característicos de cables comerciales

2.6 RUIDO, ATENUACIÓN, DISTORSIÓN E INTERFERENCIA

En un sistema de comunicación, durante la transmisión de un mensaje surgen efectos indeseados, uno de ellos es la atenuación, que únicamente reduce su amplitud, pero son más serios la distorsión, la interferencia y el ruido. En términos generales cualquier perturbación no intencional de la señal se puede clasificar como ruido. Por tanto en un sistema de comunicación es necesario contar con dispositivos que eliminen o aminoren los efectos indeseados, para que lleguen al receptor en las mejores condiciones de ser interpretadas. [CARLSON]

A continuación se conocerá los efectos más importantes que alteran una señal, así como su definición, diferencia y la forma como afecta al mensaje.

2.6.1 ATENUACIÓN

Sin importar el tipo, todos los medios de transmisión experimenta pérdidas usualmente conocida como atenuación. La atenuación es una conversión de energía eléctrica en energía calorífica, ocasionando como resultado que el voltaje de la señal recibida sea menor que el voltaje de la señal transmitida. Aunque en realidad lo que se reduce es la potencia, se le suele llamar pérdida porque no es factible reconvertir el calor disipado en la señal eléctrica original.

La atenuación se debe a que todo conductor presenta una resistencia al paso de la corriente, en donde la magnitud de la resistencia depende de las características del conductor como: tipo de material, conductividad del material y longitud. La atenuación o pérdida se define como el cociente de la potencia de entrada entre la potencia de salida.

$$\text{ATENUACIÓN} = 10 \log P_{in} / P_{out}$$

La atenuación generalmente se expresan en decibelios (dB). Se utilizan unidades logarítmicas en transmisiones de señales porque la potencia de estas va disminuyendo en forma exponencial, conforme aumenta la distancia de recorrido de la señal y el uso de logaritmos hace que una variación exponencial se convierta en una variación lineal.

2.6.2 DISTORSIÓN

La distorsión es la alteración de una señal de transmisión y es causada por la no linealidad del sistema de comunicación, aunque también es factible decir que una señal se distorsiona por efectos como ruido e interferencia. Para reducir la distorsión existen varias técnicas y la mayoría enfocadas al buen diseño del sistema. Por lo general la distorsión suele dividirse en dos tipos y son:

DISTORSIÓN SISTEMÁTICA: es la distorsión que posiblemente se pueda controlar y disminuir, mediante elementos electrónicos. Es decir en el diseño de un sistema conocido es posible predecir lo que ocurrirá.

DISTORSIÓN FORTUITA: es la distorsión que ocurre en forma aleatoria, es decir que no puede predecirse lo que ocurrirá. Ejemplos, el ruido blanco, el ruido de impulso, el ruido térmico, la vibración de los mecanismos, el ruido atmosférico, etc..

2.6.3 INTERFERENCIA

La interferencia se puede definir como señales externas de tipo electromagnético que perturban el normal funcionamiento de un sistema eléctrico o electrónico. El estudio de todos los fenómenos de generación, propagación y captación de interferencia electromagnética que puedan perturbar a un equipo se engloba bajo el nombre de compatibilidad electromagnética.

La compatibilidad electromagnética es la habilidad de un equipo para funcionar satisfactoriamente en un ambiente electromagnético, sin introducir perturbaciones en ese ambiente o en otros equipos y soportar las producidas por otros equipos. [JFRR]

La compatibilidad electromagnética depende del nivel de perturbación de las interferencias del generador y la susceptibilidad del afectado (receptor). La susceptibilidad, es la propiedad que tiene un equipo o sistema para funcionar correctamente en un ambiente con interferencias, resultando prácticamente imposible hablar de susceptibilidad, inmunidad o medios de protección, sin referirse a equipos o dispositivos en concreto ya que cada uno de ellos tendrá un comportamiento distinto.

La susceptibilidad de los equipos, sistemas e instalaciones se deriva en realidad de tres bloques fundamentales que lo integran y son:

- 1.- Componentes y dispositivos electrónicos
- 2.- El circuito impreso, cableado y alimentaciones
- 3.- Medios mecánicos de soporte: chasis

El método de solución para aminorar la interferencia es basado en la compatibilidad, ya que se debe considerar en el momento del diseño. Porque si se ignora y surge el problema durante las primeras pruebas, la solución es cara e insatisfactoria.

2.6.4 RUIDO

Por último llegamos al más complejo contaminante en un sistema de comunicación, el ruido, este generalmente es el problema más grande a tratar en la transmisión de señales. Existen diversos tipos de ruido que se generan en una transmisión de señales.

2.6.4.1 RUIDO TÉRMICO

El ruido térmico, es debido al movimiento aleatorio de electrones, en un medio conductor, tal como un resistor. Los conductores contienen una gran cantidad de electrones "libres" y de iones fuertemente enlazados por las fuerzas moleculares. Sin embargo los iones vibran en forma aleatoria alrededor de sus posiciones normales; siendo estas vibraciones una función de la temperatura.

Las colisiones entre los electrones libres y los iones que están vibrando en forma continua se producen normalmente, por lo que hay una continua transferencia de energía entre los electrones y los iones, este efecto, es lo que da lugar al ruido térmico. Cualquier elemento disipador genera ruido, por lo que la disipación en un cable de transmisión también lo hará. Todo elemento que genera ruido y sea dependiente de la temperatura se le llama en forma genérica ruido térmico.

El ruido térmico tiene su origen fundamentalmente termodinámico, donde se involucran la constante de BOLTZMANN (k) y la temperatura absoluta en grados Kelvin (t); Por lo que los valores de ruido térmico, se esperan que incluyan el producto kt . El ruido térmico puede definirse por medio del voltaje medio cuadrático con base a los parámetros kt , donde se tiene:

$$V^2(t) = 4ktRB \quad \text{volts}^2 \quad 2.6.4.1$$

donde: t = temperatura del medio conductor en Kelvin ($^{\circ}$ K).
 k = cte de Boltzmann (1.38×10^{-23}) joule/ $^{\circ}$ K.
 B = ancho de banda (Hz).
 R = resistencia (Ω).

2.6.4.2 RUIDO DE IMPULSO

El ruido de impulso es de carácter aleatorio, se da en forma de impulsos o como trenes de ondas amortiguadas, los cuales suelen tener picos de gran amplitud, en ocasiones mayores o comparables con la señal de datos. La duración de los impulsos puede ser muy prolongada, a veces puede durar hasta milisegundos. El

ruido de impulso es la causa principal de errores en los datos, por ejemplo en una comunicación digital, el ruido de impulso añade dos o más bits adyacentes de datos, por lo que la comprobación de paridad convencional no podrá descubrir el error.

El ruido de impulso tiene una gran variedad de orígenes, puede venir del interior del mismo sistema de comunicación o de una fuente externa. Una fuente externa puede ser; chispazos producidos por aparatos eléctricos, automóviles, timbres eléctricos, interruptores de luz, relés electromagnéticos, etc.. El ruido interno se origina debido a fallas del circuito, tales como soldaduras de mala calidad, suciedad en los contactos y enchufes de los relevadores, conexiones torcidas y mal soldadas que originan cambios de temperatura, etc..

Para aminorar los efectos del ruido de impulso, es necesario utilizar un buen blindaje, tanto en la línea de transmisión como en el circuito electrónico. Además de llevar un cuidadoso planteamiento de las rutas del circuito para aminorar la inducción.

2.6.4.3 DIAFONÍA

El concepto de diafonía significa perturbaciones producidas entre sistemas homogéneos, es decir un canal recoge una parte de la señal que se transporta en otro canal. Ocurre en sistemas de multicanalización por división de frecuencias en donde se transmiten varios mensajes por un mismo canal.

La diafonía generalmente se presenta en los medios de comunicación, específicamente en las líneas sin blindaje. Las relaciones de diafonía se expresan en decibelios; siendo P1 la potencia de la señal perturbadora, en un punto de un sistema perturbador y P2 la potencia de la señal que como consecuencia, aparece en un punto de un sistema perturbado por el primero; se define la relación de diafonía entre ambos mediante la expresión:

$$\text{DIAFONIA} = 10 \log(P2/P1) \text{ [dB]}$$

2.7 MODULACIÓN

La modulación es el proceso que consiste en que toda señal de banda base (llamada señal moduladora) que se desee transmitir es necesario desplazarlas a frecuencias superiores. Esto se logra variando la amplitud, frecuencia o fase, a través de una señal llamada portadora de alta frecuencia. La señal portadora, variará proporcionalmente a la señal llamada moduladora. En la modulación se identifican dos tipos básicos: modulación de onda continua o analógica y modulación de pulsos o digital, de estos dos tipos básicos de modulación se desprenden, los siguientes:

MODULACIÓN ANALÓGICA [Modulación en amplitud AM
Modulación en frecuencia FM
Modulación en fase PM

MODULACIÓN DIGITAL [Amplitude Shift Key ASK
Frequency Shift Key FSK
Phase Shift Key PSK

Una herramienta muy poderosa para facilitar el diseño y análisis, tanto de modulación como demodulación, es el análisis espectral, éste se basa principalmente en la aplicación de la transformada de Fourier.

2.7.1 MODULACIÓN EN AMPLITUD (AM)

En esta modulación se varía la amplitud de una señal portadora en función de la señal moduladora, manteniendo la frecuencia y fase fijas. Esto altera la señal moduladora, trasladando sus componentes de frecuencia a frecuencias mas altas.

Para explicar este tipo de modulación se comenzará por describir la ecuación de una señal senoidal, llamada portadora, dada por:

$$\phi(t) = A_c \cos \omega_c t \quad 2.7.1.1$$

donde: A_c es la amplitud de la señal portadora, ω_c es la frecuencia de la señal portadora.

Considerando una señal $f(t)$, que se desee modular (señal de información), para el análisis se puede considerar de la forma:

$$f(t) = A_m \cos \omega_m t \quad 2.7.1.2$$

donde: A_m es la amplitud de la señal moduladora, ω_m es la frecuencia de la señal moduladora ($\omega_c > \omega_m$)

Para trasladar la señal $f(t)$ a frecuencias mas altas lo que se realiza es, multiplicar la señal $f(t)$, con la señal $\cos(\omega_c t)$, (si A_m y A_c se suponen de un valor unitario) como se muestra la figura 2.7.1.1.

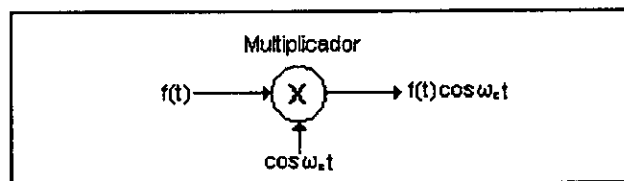


Figura 2.7.1.1 Proceso de modulación AM

Entonces la ecuación de AM queda:

$$\phi(t)_{AM} = f(t) \cos(\omega_c t) = \cos(\omega_m t) \cos(\omega_c t) \quad 2.7.1.3$$

En la figura 2.7.1.2 se observa la forma como se obtiene la señal modulada.

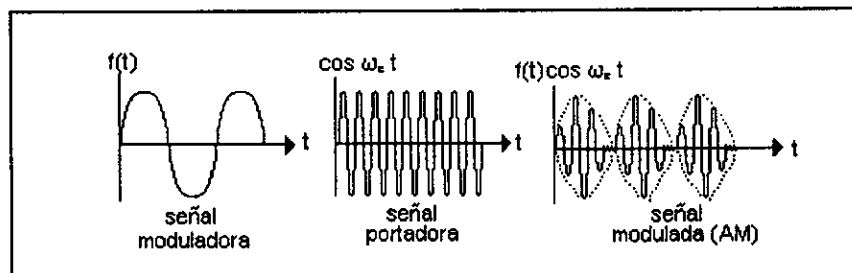


Figura 2.7.1.2 Modulación en AM

2.7.2 MODULACIÓN EN FRECUENCIA FM.

Para obtener las expresiones que representan la señal FM, supóngase una señal moduladora que se representa por:

$$f(t) = A \cos \omega_m t \quad 2.7.2.1$$

Sustituyendo $f(t)$ en la ecuación $\omega_i = \omega_c + k_f f(t)$ se obtiene:

$$\omega_i = \omega_c + A k_f \cos \omega_m t \quad 2.7.2.2$$

Definiendo $A k_f$ como $\Delta \omega$, a la cual se le llama desviación de frecuencia de la onda portadora producida por la señal moduladora, y sustituyendo se tiene.

$$\omega_i = \omega_c + \Delta \omega \cos \omega_m t \quad 2.7.2.3$$

Sustituyendo ω_i en $\theta(t) = \int_0^t \omega_i(t) dt = \omega_c t + \int_0^t k_f f(t) dt + \theta_0$ se obtiene:

$$\theta(t) = \omega_c t + \Delta \omega \int_0^t \cos \omega_m t dt = \omega_c t + \frac{\Delta \omega}{\omega_m} \sin \omega_m t \quad 2.7.2.4$$

Al término $\Delta \omega / \omega_m$ se conoce como β y se llama índice de modulación en frecuencia (es una relación adimensional entre la desviación de frecuencia y la frecuencia moduladora). Por lo que la señal de FM se tiene de la siguiente forma:

Forma trigonométrica $\phi(t)_{FM} = A \cos(\omega_c t + \beta \sin \omega_m t) \quad 2.7.2.5$

Forma exponencial $\phi(t)_{FM} = A e^{j(\omega_c t + \beta \sin \omega_m t)} \quad 2.7.2.6$

Aplicando identidades trigonométricas a la ecuación 2.7.2.5, se obtiene

$$\phi(t)_{FM} = A [\cos \omega_c t \cdot \cos(\beta \sin \omega_m t) - \sin \omega_c t \cdot \sin(\beta \sin \omega_m t)] \quad 2.7.2.7$$

Las expresiones $\cos(\beta \sin \omega_m t)$ y $\sin(\beta \sin \omega_m t)$ son periódicas con frecuencia ω_m como tal, cada una de ellas puede desarrollarse en series de Fourier de periodo $T = 2\pi / \omega_m$; realizando el desarrollo de series de Fourier del coseno y seno se obtiene:

$$\begin{aligned} \phi(t)_{FM} = & J_0(\beta)\cos\omega_c t - J_1(\beta)[\cos(\omega_c - \omega_m)t - \cos(\omega_c + \omega_m)t] \\ & + J_2(\beta)[\cos(\omega_c - 2\omega_m)t - \cos(\omega_c + 2\omega_m)t] \\ & - J_3(\beta)[\cos(\omega_c - 3\omega_m)t - \cos(\omega_c + 3\omega_m)t] + \dots \end{aligned} \quad 2.7.2.8$$

$J_n(\beta)$ es una función de Bessel donde n es el orden y β el argumento. Algunas de estas funciones están graficadas (ver ANEXOS).

Se tiene así, que la función contiene un número infinito de bandas laterales cuyas amplitudes son los valores dados por las funciones de Bessel.

2.7.3 MODULACIÓN DIGITAL

En la actualidad este tipo de modulación es de gran importancia debido al desarrollo de los sistemas digitales. Para los sistemas de comunicación digitales existen tres tipos básicos de comunicación correspondientes a AM, FM y PM, los cuales se conocen como modulación por cambio de amplitud (ASK Amplitude Shift Key), modulación por cambio de frecuencia (FSK Frequency Shift Key) y modulación por cambio de fase (PSK Phase Shift Key).

En la modulación digital los tres parámetros amplitud, frecuencia y fase conmutan entre dos valores posibles, estos son el estado apagado y el estado encendido.

2.7.3.1 MODULACIÓN POR CAMBIO DE AMPLITUD (ASK)

De manera similar a la modulación AM se obtiene el análisis de ASK. La única diferencia es que la señal moduladora $f(t)$ es digital, es decir la señal es binaria, por lo que se tiene una secuencia de unos y ceros, a los cuales se les llama marcas y espacios respectivamente, partiendo con la ecuación siguiente:

$$m(t) = Af(t)\cos \omega_p(t) \quad 2.7.3.1.1$$

donde, $f(t)=1$ ó 0 , sobre intervalos de T segundos de duración, se observa que el uno activa a la amplitud de la portadora y el cero la anula. La figura muestra la forma de la señal ASK.

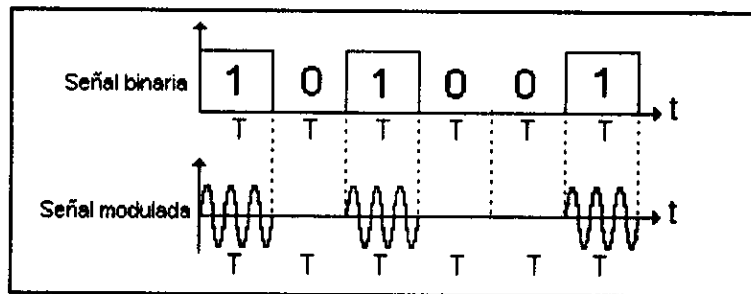


Figura 2.7.3.1.1 Señal ASK

2.7.3.2 MODULACIÓN POR CAMBIO DE FRECUENCIA (FSK)

El análisis para este tipo de modulación FSK, es descomponer la señal FSK en dos ondas ASK de diferentes frecuencias, como se observa a continuación en la figura 2.7.3.2.1.

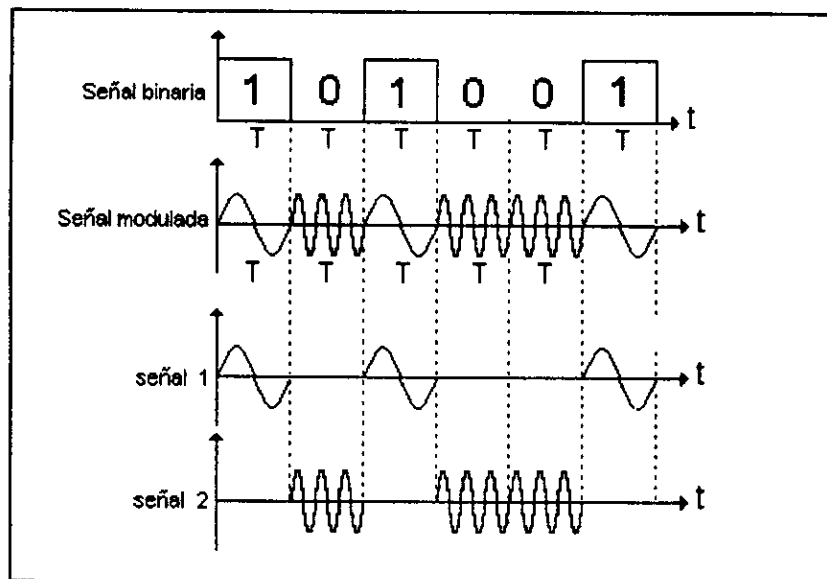


Figura 2.7.3.2.1 Señal de FSK descompuesta en dos señales ASK

La señal FSK puede definirse matemáticamente como:

$$f_c(t) = A \cos \omega_1 t \quad -T/2 \leq t \leq T/2 \quad 2.7.3.2.1$$

$$f_c(t) = A \cos \omega_c t \quad -T/2 \leq t \leq T/2 \quad 2.7.3.2.2$$

El uno corresponde a la frecuencia f_1 y el cero corresponde a la frecuencia f_2 , es decir al transmitir un uno se manda una frecuencia f_1 y al mandar un cero se manda una frecuencia f_2 . Una representación alternativa de la onda FSK consiste en hacer $f_1 = f_c - \Delta f$ y $f_2 = f_c + \Delta f$, por lo que las dos frecuencias difieren entonces en $2\Delta f$ Hz, por lo tanto se tiene

$$f_c(t) = A \cos(\omega_c \pm \Delta \omega)t \quad -T/2 \leq t \leq T/2 \quad 2.7.3.2.3$$

La frecuencia entonces se desvía $-\Delta f$ y $+\Delta f$. alrededor de f_c , Δf se denomina comúnmente desviación de frecuencia.

2.7.3.3 MODULACIÓN POR CAMBIO DE FASE (PSK)

En este tipo de modulación, las señales binarias se utilizan para conmutar la fase de una onda portadora entre dos valores que son normalmente 0° y 180° . Para una "marca" la portadora tiene una fase y para un "espacio" se invierte en 180° . Por consiguiente, se llama a veces modulación digital por inversión de fase. En la figura 2.7.3.3.1 se tiene la forma de la señal PSK.

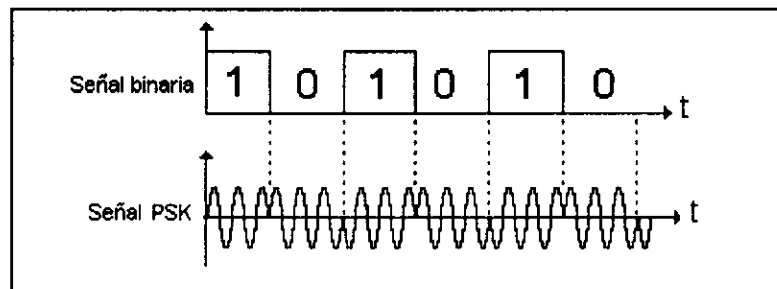


Figura 2.7.3.3.1 Señal PSK

La señal esta definida por:

$$f_c(t) = \pm \cos \omega_c t \quad -T/2 \leq t \leq T/2 \quad 2.7.3.3.1$$

Si se supone que se mandan una serie de unos y ceros, la señal modulada irá cambiando la polaridad de su fase a positiva y negativa.

2.8 TRANSMISIÓN DIGITAL

De los conceptos generales expuestos hasta este momento y tomando en consideración que la parte medular del proyecto es el diseño de un sistema de comunicación digital, es importante exponer los conceptos básicos de comunicación que particularmente se relacionan con el proyecto que se llevará a cabo. Por lo que se hablará de los sistemas digitales debido a su importancia suprema en la tecnología actual, donde la transmisión de datos digitales está creciendo a una velocidad extremadamente alta y porque las señales analógicas son cada vez con mayor frecuencia convertidas al formato digital antes de ser transmitidas.

Pero también es importante mencionar el creciente desarrollo de una nueva industria; la industria de la comunicación de datos basada en computadoras, las cuales han solucionado una infinidad de problemas, tales como el almacenamiento de información, análisis de información, comunicación, etc.. A continuación se definirá los conceptos básicos en un sistema digital.

2.8.1 INFORMACIÓN

Como todos los sistemas de comunicación transmiten, en una u otra forma información, es importante establecer que se entiende por información.

La información es el contenido de datos que se desean enviar, por cualquier medio, siguiendo una serie de reglas o pasos que aseguran la más eficiente transmisión de señales, como son frecuencia de datos, sincronía entre emisor y receptor, la recepción de la señal sin errores, etc.. Por contenido de datos o de información se define como el número de combinaciones de símbolos binarios que serán necesarios, en última instancia para transmitirlos. [SHC]

2.8.2 INTERFACE

Es el dispositivo que interconecta o enlaza dos sistemas en la transmisión de datos. En hardware, se aplica al límite entre dos sistemas, a través del cual todas las señales que pasan son cuidadosamente definidas; dicha definición incluye niveles de la señal, impedancia, tiempos, secuencia de operación y el significado de las señales. En software, hace referencia a las características de la forma empleada para comunicar dos módulos que actúan dentro de un entorno relacionado.

Una interface muy utilizada para enlazar equipos en transmisiones de datos, se llama RS-232C nomenclatura norteamericana o CCITT V:24 nomenclatura internacional.

2.8.3 PROTOCOLO

El protocolo es un conjunto de reglas y procedimientos para la comunicación entre dos o más módulos software, capaces de enviar o recibir información. El objetivo de un protocolo de enlace de comunicación de datos es el de asegurar la correcta secuencia, sincronización e integridad de los datos.

El protocolo de enlace proporciona una forma ordenada y precisa de asegurar que el dispositivo envíe o reciba datos cuando se le instruya, además debe distinguir, entre los datos y los caracteres de control, así como los medios para la detección y corrección de errores.

Las principales reglas y procedimientos de una comunicación son:

Códigos del lenguaje

- EBCDIC y ASCII

Características de la disciplina de comunicación.

- Formato del mensaje
- Procedimientos de detección y corrección de errores
- Procedimientos de establecimiento de llamada

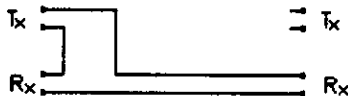
- Terminación y desconexión de enlace
- Procedimiento a seguir para la transferencia de los datos
- Períodos de tiempo

Modalidad de transmisión

- Transmisión asíncrona
- Transmisión síncrona

2.8.4 TIPOS DE TRANSMISIÓN

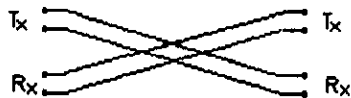
Simplex: Transmisión en un solo sentido (Tx, transmisión, Rx, recepción)



Semiduplex: transmisión en ambos sentidos pero no al mismo tiempo



Fullduplex: transmisión en ambos sentidos y simultáneos



2.8.4.1 TRANSMISIÓN ASÍNCRONA

Es la transmisión donde no existe sincronía a nivel mensaje pero si existe sincronismo a nivel carácter, a este tipo de transmisión se la llama de *arranque y parada*. Es un tipo de transmisión en el cual los caracteres codificados se envían a intervalos irregulares delimitándolos con bits de *arranque* (start ST) y *parada*. (stop SP), como se muestra en la figura 2.8.4.1.1.

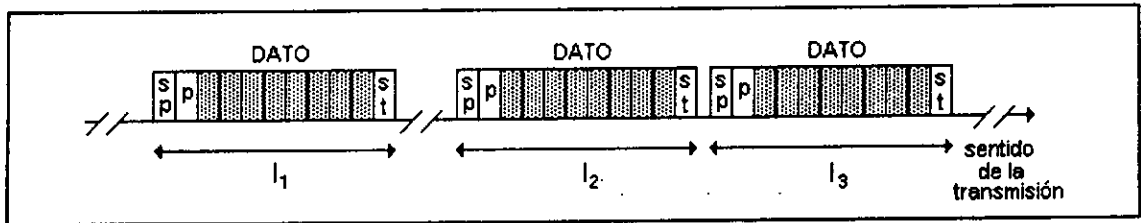


Figura 2.8.4.1.1 Secuencia de los bits de control

El tiempo asignado a un bit es siempre el mismo y por lo que los intervalos I_1 , I_2 , I_3 son iguales. El bit de *arranque* indica al circuito receptor que a continuación vienen datos, y el bit de *parada* informa la finalización de datos. Se utiliza otro bit para detectar errores en la transmisión, este bit se le llama de paridad (P).

2.8.4.2 TRANSMISIÓN SÍNCRONA

Es la transmisión donde existe sincronismo a nivel mensaje, tales dispositivos funcionan bajo el control de un reloj común.

Las principales características son:

- Los datos se almacenan temporalmente en un registro (buffer) antes de su transmisión.
- Cuando el mensaje esta listo, se envía.
- Los datos se transfieren en bloques y no de carácter a carácter.
- No se usan bits *arranque* y *parada*.
- Usualmente la transmisión de datos síncrono permite mayores velocidades que la asíncrona.

2.8.5 AMPLIFICACIÓN

Una de las fases principales en el procesamiento de señales, es su amplificación porque los sistema primarios proporcionan señales consideradas muy débiles o pequeñas, alrededor de microvolts o milivolts.

Un amplificador es un dispositivo que su función fundamental radica en la relación entre la señal, en los terminales de salida y la señal aplicada a la entrada.

Por lo que un amplificador es un sistema, que recibe una señal (V_{in}) y produce una replica de esta señal, desde luego esta señal multiplicada por una constante K llamada constante de ganancia del amplificador. El valor de la señal de salida del amplificador (V_{uot}) se expresa como:

$$V_{uot} = K V_{in} \quad 2.8.5.1$$

si $K > 1$ es evidente que el amplificador incrementa el valor de la señal de entrada.

Para el diseño de un sistema es importante considerar de los amplificadores las siguientes características: ancho de banda, linealidad e impedancia de entrada y salida.

2.8.5.1 ANCHO DE BANDA

Es el intervalo de frecuencia sobre el cual un amplificador se diseña para que amplifique las señales de entrada con ganancia constante y se define como el intervalo de frecuencias entre los puntos donde la ganancia de voltaje cae hasta un 0.707 de su valor en banda media, en la figura siguiente se observa gráficamente el ancho de banda de un amplificador.

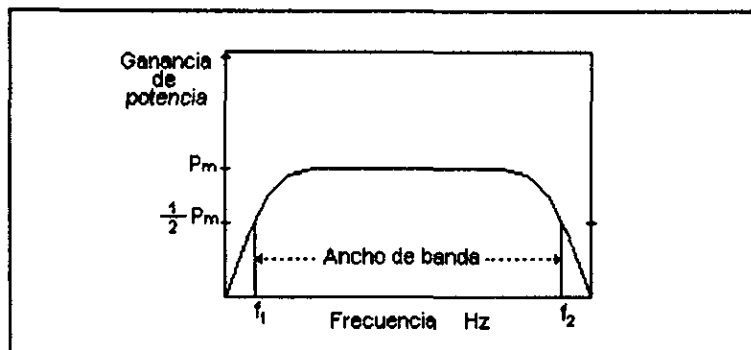


Figura 2.8.5.1.1 Ancho de banda de amplificador

2.8.5.2 LINEALIDAD

La salida del amplificador ideal es directamente proporcional a su entrada, en otras palabras, un amplificador lineal, la señal de salida es una replica amplificada de la señal de entrada. No linealidad en un amplificador produce distorsión de la señal de salida.

2.8.5.3 IMPEDANCIA DE ENTRADA Y SALIDA

La impedancia en términos generales, es el cociente entre el voltaje y la corriente y se indica por medio de la letra Z. Las unidades de la impedancia son los OHMS (Ω).

En los circuitos de cd la impedancia se determina $Z_{cd}=V/I$

En los circuitos de ca la impedancia se determina $Z_{ca}=V_{rms}/I_{rms}$

Un amplificador debe tener una impedancia de entrada Z_i alta para evitar efectos de carga en la fuente de la señal. Cuando la salida del amplificador se va a conectar a otro amplificador, la impedancia de salida Z_o debe ser baja para una transferencia eficiente de potencia. Ahora si la salida se va a conectar a un sistema registrador o indicador, la impedancia de salida se debe acoplar a la impedancia de entrada del dispositivo registrador para una transferencia máxima de potencia .

La característica ideal de impedancia de un amplificador es : $Z_i=\infty$ y $Z_o=0$

En la elaboración de antecedentes se pretendió abarcar los temas de mayor interés desde un panorama general, con el fin de proporcionar los elementos necesarios para iniciar el desarrollo del proyecto. En algunos de los temas la descripción fue en forma breve, en el desarrollo del diseño se profundizará en cada tema que en ese momento se trate.

3

DISEÑO DEL SISTEMA

3.1 DISEÑO DEL SISTEMA

Para el diseño de cualquier sistema, es fundamental tener conocimiento de los conceptos básicos del funcionamiento de los elementos que lo conforman, en el sentido de tener una mayor visión y así cumplir con los objetivos que se determinaron. Por lo tanto es fundamental seguir una secuencia en el desarrollo con el fin de obtener el diseño apropiado. Por tal motivo se realizará la descripción desde el concepto de cada elemento hasta la construcción de cada etapa del proyecto a realizar.

La mayoría de los circuitos digitales que se utilizan en los sistemas digitales modernos son circuitos integrados (IC siglas en ingles). La amplia variedad de IC ha hecho posible construir sistemas digitales complejos y además muy confiables. Para su construcción se utilizan varias tecnologías de fabricación; los más comunes son TTL, CMOS, NMOS y ECL.

El circuito integrado ha ampliado por completo su uso, pero la característica más notable de un IC es su tamaño, los circuitos integrados por lo regular no se reparan, y si falla el componente su cambio resulta más económico.

Un sistema digital es una combinación de dispositivos interconectados con el fin de desempeñar ciertas funciones en los cuales las cantidades se representan en forma digital. En términos generales, los sistemas digitales ofrecen las ventajas de programabilidad, mayor velocidad, precisión y la capacidad de memoria, por lo general son más versátiles en una gama más diversa de aplicaciones. [TOCCI]

En los IC digitales, la información binaria representa voltajes (o corrientes) que están presentes en las entradas o en las salidas de los diversos circuitos. Las cantidades binarias se pueden representar por medio de cualquier dispositivo que solamente tenga dos estados de operación; por ejemplo un interruptor tiene solo dos

estados: abierto o cerrado; arbitrariamente, podemos hacer que un interruptor abierto represente el "0" binario o bien que un cerrado representa el "1" binario. Comúnmente, el "0" y el "1" binario se representa con dos niveles de voltajes normales, por ejemplo, cero volts (0 V) representa el cero binario y +5 V, el uno binario. En realidad, debido a las variaciones del circuito el cero y el uno se representan por medio de intervalos de voltaje; donde cualquier voltaje entre 0 y 0.6 V representan un cero y cualquier voltaje entre 2.6 y 5V representa un uno. La gráfica 3.1.1 muestra los intervalos de voltaje .

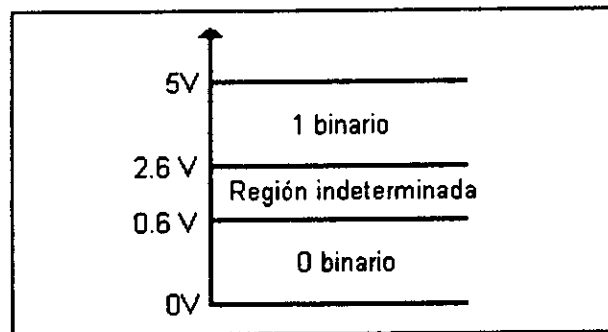


Figura 3.1.1 Rangos de voltajes de un circuito digital.

3.1.1 ESPECIFICACIONES Y CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

Para el diseño del sistema de comunicación, el primer punto es conocer que tipo de información se manejará, con la finalidad de manipularla en función de la necesidad del proyecto. Para nuestro proyecto la información a manejar son los estados de los motores (ventiladores extractores) estos motores se encuentran a lo largo de una sección de intertestación de la ruta de UNIVERSIDAD a COYOACAN del STC.

Como se mencionó en la introducción, el objetivo fundamental es monitorear el estado de los motores (por estado se entiende que el motor está activado o desactivado). Prácticamente se tienen dos niveles o estados, por lo que la información se puede representar en forma digital, y específicamente en forma

binaria, es decir los estados de los ventiladores, son encendido o apagado lo cual se puede representar como un "1" lógico o un "0" lógico respectivamente.

El utilizar información digital conlleva a códigos numéricos, que en este caso el código numérico es el sistema binario (base 2). Un sistema binario puede representar cualquier cantidad que se denote en decimal u otros sistemas numéricos, en general se necesitaran de varios dígitos binarios para representar una cantidad.

De lo anterior se deduce lo siguiente, cada estado de un ventilador se representará como un bit, como son 7 motores, por lo que se tienen 7 bits los cuales se representan como se muestra en la figura 3.1.1.1:

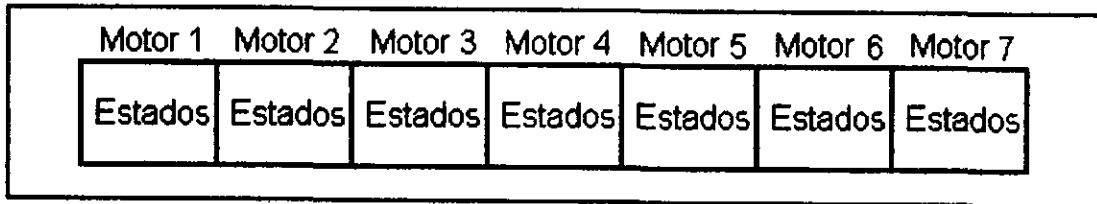


Figura 3.1.1.1 Forma de representar los estados de los ventiladores.

A su vez el conjunto de los siete motores o siete bits se representan en un byte, que se tomarán como un dato. Cada bit informará el estado de cada motor , por citar un ejemplo el motor uno tiene un "cero" y los restantes tienen un "uno", esto significa que el único motor inactivo es el motor uno. Los diferentes estados que pueden tomar los motores se pueden representar en una tabla como se muestra en la figura 3.1.1.2:

M_7	M_6	M_5	M_4	M_3	M_2	M_1	DATOS
0	0	0	0	0	0	0	Todos los motores están desactivados
0	0	0	0	0	0	1	El motor 1 está activado
0	0	0	0	0	1	0	El motor 2 está activado
0	0	0	0	0	1	1	El motor 1 y 2 están activados
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1	1	1	1	1	1	1	Todos los motores están activados

Figura 3.1.1.2 Estados que toma cada ventilador.

El motor número 1 representa al bit menos significativo (LSB) y el motor número 7 representa al bit más significativo (MSB). El peso de los bits se seleccionó para llevar un orden en el desarrollo del proyecto.

Para conocer el número total de datos, que se obtienen de 7 bits se aplica la siguiente formula:

$$2^N - 1 = 2^7 - 1 = 127 = 1111111_2 \quad N = \text{número de bits}$$

Cada combinación representa un dato, por lo que se tienen 127 datos, los cuales representaran la información a trabajar.

3.1.2 TIPO DE TRANSMISIÓN A UTILIZAR

La razón fundamental en el proyecto es el monitoreo de los ventiladores, por lo que únicamente se tiene transmisión en una sola dirección, a este tipo de transmisión se le llama Transmisión Simplex. La transmisión de datos digitales sobre una línea de comunicación, se puede realizar de dos maneras con respecto a la entrada y salida de los sistemas (sistema emisor y sistema receptor):

- En serie
- En paralelo.

Se entiende que uno u otro tipo de transmisión se utiliza según la necesidad de la aplicación. En nuestro caso se utilizará la transmisión serie, se seleccionó ésta porque la distancia a transmitir es de 1 a 1.5 Km. entre dos estaciones, para el proyecto la distancia a manejar es de UNIVERSIDAD a COYOACAN. En transmisión paralela implica tener varios hilos, por lo que requiere de un mayor costo que una transmisión de bits en serie, debido a la cantidad de hilos que se utilizan. Una vez seleccionado el tipo de transmisión el punto siguiente es el protocolo a utilizar, el cual se describe mas adelante.

3.1.2.1 COMUNICACIÓN ASÍNCRONA

En la comunicación a través de líneas eléctricas cabe distinguir entre comunicación síncrona y asíncrona. Se habla de comunicación síncrona cuando el emisor y el receptor disponen de una señal de pulsos común que ayuda a coordinar todas sus acciones. Para la sincronización se precisa siempre una línea adicional a través de la cual el emisor y el receptor intercambian la señal del pulso. Pero en la transmisión serie a través de un cable de dos líneas esto no es posible ya que ambas están ocupadas por los datos y la tierra.

Por lo tanto la sincronización, en una transmisión serie, debe llevarse a través de la línea de datos, con los datos mismos. Por este motivo se intercalan antes y después de los datos, que pueden consistir en palabras de entre cinco y ocho bits, según el protocolo a utilizar.

De lo anterior se deduce lo siguiente; la distancia a transmitir es grande, lo que implica utilizar transmisión asíncrona. (sería complicado utilizar transmisión sincrónica porque este tipo de transmisión requiere de un reloj común en el emisor como en el receptor).

La transmisión asíncronica requiere de un bit de inicio (start) y otro de parada (stop), tomando en cuenta esto, un carácter que vaya ser enviado, inicialmente lleva una señal de inicio de transmisión y termina con una señal de parada o fin de transmisión, los bits entre estas dos señales son los correspondientes a los datos, que pueden ser entre cinco y ocho bits. A los bits de datos puede acompañarles lo que se denomina un bit de paridad con el fin de detectar errores en la transmisión. Para ello se diferencia entre paridad par e impar. En la transmisión serie se envía primero el bit menos significativo (LSB) del carácter a transferir y por último el bit más significativo (MSB). A continuación se desglosa la secuencia de la señal, como se muestra en la figura 3.1.2.1.1.

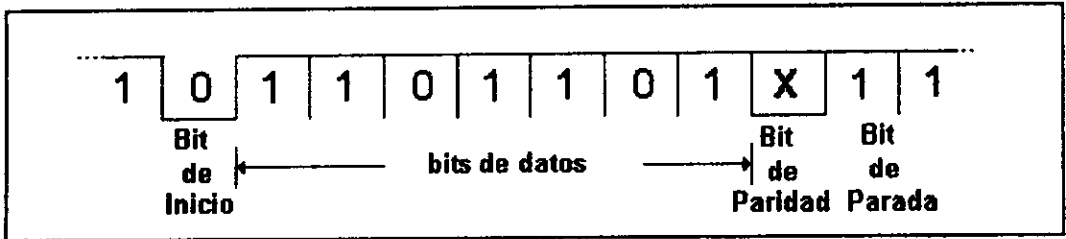


Figura 3.1.2.1.1 Protocolo asíncrono de la transmisión serie

3.1.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Una vez establecido las especificaciones de comunicación y seleccionado el tipo de transmisión a utilizar, es posible iniciar y llevar a cabo en forma ordenada la implementación de cada subsistema que conformará al sistema de comunicación. El primer punto es dividir y plantear cada etapa del sistema, para cumplir con lo descrito anteriormente. Por lo que es conveniente llevar al cabo una serie de pasos que se describen a continuación:

- Diseñar circuito selector de datos.
- Diseñar circuito del bit de inicio y parada.
- Diseñar circuito del bit de paridad.
- Implementación del reloj del sistema.
- Modulo de transferencia de datos por un canal

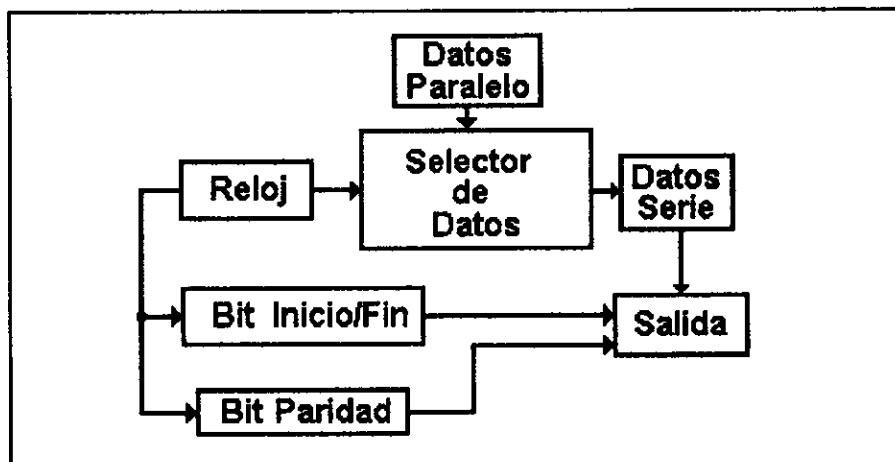


Figura 3.1.3.1 Diagrama del sistema.

3.1.3.1 CIRCUITO SELECTOR DE DATOS

En esta etapa de selección de datos, se requiere de un circuito que pueda aceptar 7 bits de datos (son los estados de los 7 ventiladores) para su almacenamiento y a su vez, dirigir cada bit hacia la salida, es decir un circuito que realice la conversión de paralelo a serie.

Existen una variedad de este tipo de circuitos, uno de ellos es el multiplexor de información o selector de datos, este circuito lógico acepta varias entradas de datos y admite una de ellas al momento de dirigirse hacia la salida, esta salida es controlada por entradas "SELECT". Otro circuito es el registro de corrimiento, el cual se puede clasificar de acuerdo como ingresa los datos para su almacenamiento y la forma de obtener los datos del registro. Existen diversas clasificaciones que dependen de la forma de entrada (paralela o serie) y la forma de salida (paralela o serie). El registro que se utilizará es el de entrada paralelo y salida serie.

El circuito seleccionado es el registro de corrimiento (74LS165), se seleccionó por la forma de ingresar los datos paralelos por medio de activar una línea en nivel bajo, y por la salida de los datos a través de la señal de reloj. Las especificaciones del 74LS165 se encuentran en ANEXOS. El 74LS165 es un registro de corrimiento de 8 bits como se muestra en la figura 3.1.3.1.1.

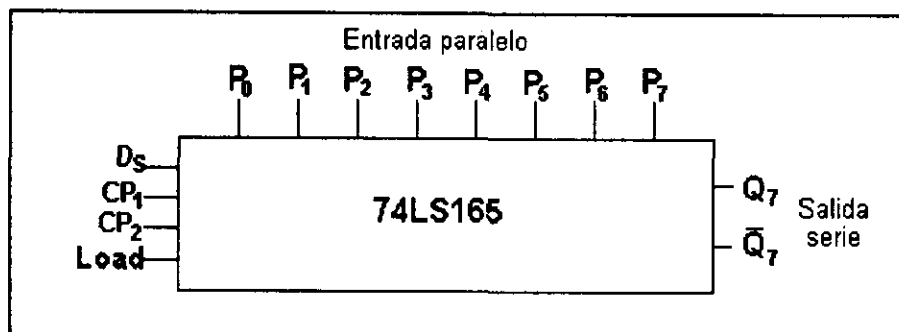


Figura 3.1.3.1.1 Registro de corrimiento de 8 bits.

El circuito 74LS165 tiene ambas entradas de datos serie vía Ds, y entrada de datos paralelos vía P0-P7. Las únicas salidas accesibles del Flip-Flop (FF) son Q7-Q $\bar{7}$.

También hay dos entradas del cronómetro CP1 y CP2, cualquiera de las cuales se puede emplear para producir la operación de corrimiento. El circuito 74LS165 se conectará de tal forma que funcione como un convertidor paralelo a serie, para esto se necesitara de una señal de reloj y una señal de carga (es la señal para indicar la lectura de los bits de datos).

A continuación se muestra la forma de conexión del circuito. Para realizar la carga de datos es necesario contar con una sincronía, que permita el barrido correcto de los datos (señal de 7 ventiladores) en un tiempo determinado y al término de la secuencia empezar de nuevo el proceso.

La sincronía y el tiempo exacto de carga, se realizará del siguiente modo; la señal de reloj será común tanto para el registro de corrimiento como para el contador divisor, el utilizar un divisor de frecuencias es con el fin de obtener un control exacto del barrido de datos, además de obtener el momento o tiempo de carga. El contador utilizado es el 74LS93 (ver información del fabricante en ANEXOS) el cual es configurado para operar como un contador ascendente MOD-16.

El diagrama 3.1.3.1.2 muestra la primera etapa o subsistema en lo referente a selección de datos.

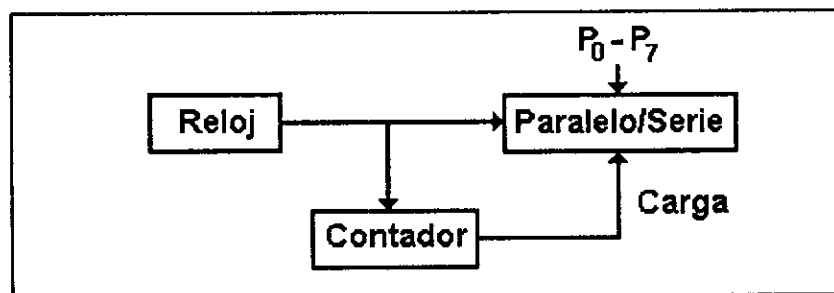


Figura 3.1.3.1.2 Diagrama a bloques de selección de datos.

El pulso de carga se realizará , en el momento que termina la secuencia del contador e inicia nuevamente el proceso.

Para obtener el bit de carga, se utilizará el álgebra Booleana y el método de Mapas de KARNAUGH, con el fin de simplificar el trabajo, además de llevar un proceso ordenado. El álgebra Booleana difiere de manera importante del álgebra ordinaria en que las constantes y variables Booleanas sólo pueden tener disponibles valores, 0 o bien 1. Las variables Booleanas se emplean con frecuencia para representar el nivel de voltaje presente en un alambre o en las terminales de entrada y salida de un circuito. El 0 y el 1 Booleanos no representan números en realidad, sino que en su lugar representan el estado de una variable de voltaje o bien lo que se conoce como su nivel lógico.

El mapa de Karnaugh es un método gráfico que se utiliza para simplificar una ecuación lógica o para convertir una tabla de verdad en su circuito lógico correspondiente en un proceso simple y ordenado. Un mapa de Karnaugh se puede utilizar para resolver problemas con cualquier número de variables de entrada, su utilidad práctica se limita a seis variables.

El siguiente análisis (utilizando álgebra Booleana y mapas de Karnaugh) mostrará la forma de obtener el circuito lógico combinacional del bit de carga, y se representa por la figura 3.1.3.1.3.

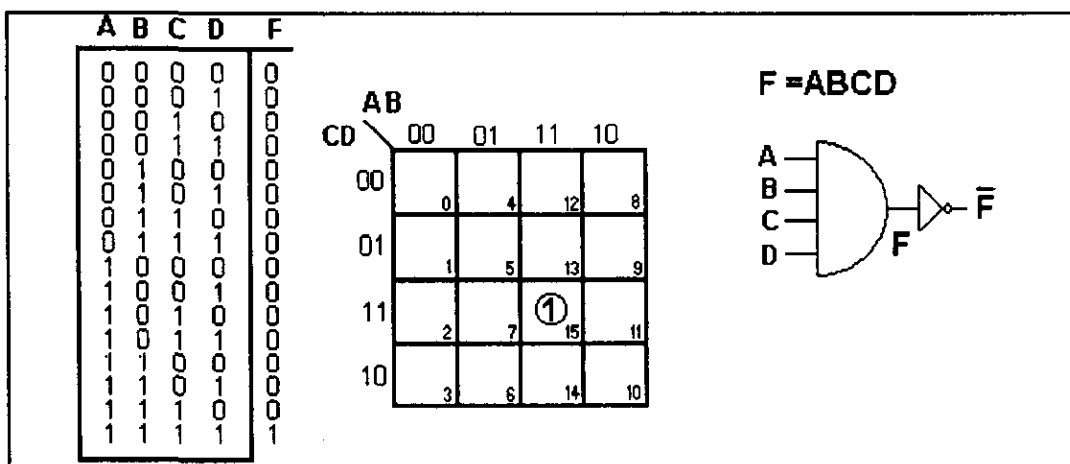


Figura 3.1.3.1.3 Análisis del bit de carga.

Se utiliza el inversor a la salida de la compuerta AND porque la señal adecuada para la carga de datos es un bajo (cero lógico).

3.1.3.2 CIRCUITO DEL BIT DE INICIO Y PARADA.

Este bloque, cuenta con dos bits, uno de inicio de transmisión y otro de fin de transmisión, el bit de arranque o inicio es un "0" lógico y el bit de fin o parada es un "1" lógico. Para esto se utilizará también las salidas del contador, con el fin de continuar con la sincronía del circuito. Como la carga de datos se realiza en el ciclo 16 del contador, por lo tanto el bit de inicio es el mismo que el de carga, y el bit de fin de transmisión es el ciclo nueve del contador. Realizando el mismo análisis, mostrado en la obtención de la señal de carga se obtiene el desarrollo del bit de inicio y fin, el cual se muestra en el diagrama 3.1.3.2.1.

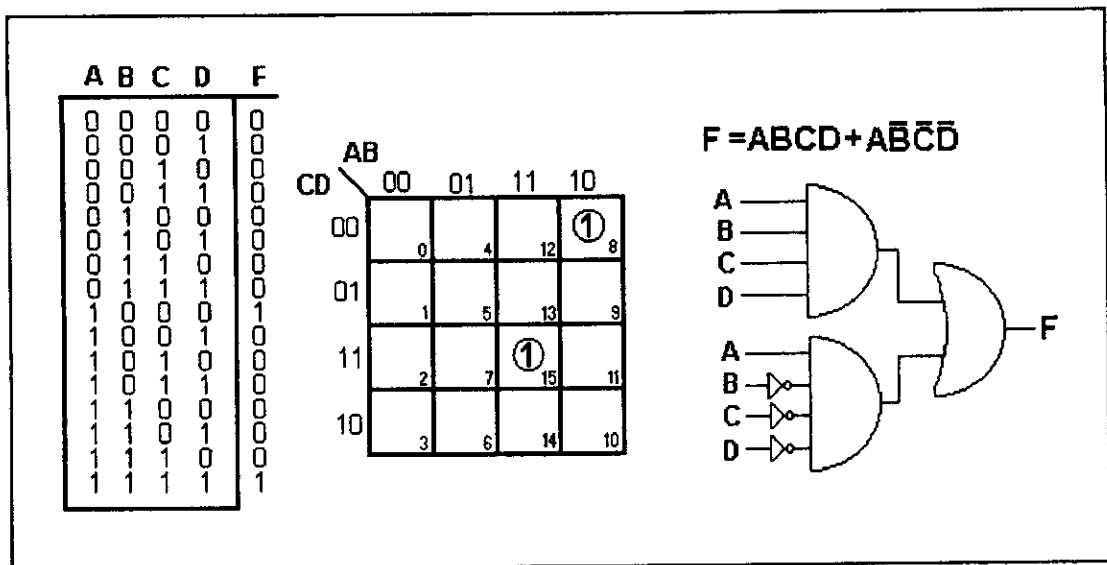


Figura 3.1.3.2.1 Análisis del bit de inicio/parada.

3.1.3.3 DISEÑO PARA EL BIT DE PARIDAD

La transmisión de datos binarios de un sistema a otro es común en sistemas digitales, por lo que el proceso de transferencia de información está sujeto a errores, aunque el equipo se haya diseñado para reducir la probabilidad de error. Sin embargo, los errores relativamente poco frecuentes producen resultados inadecuados, de modo que se busca detectarlos siempre que sea posible.

Uno de los esquemas que más se utilizan en la detección de errores es el método de bit de paridad. Un bit de paridad es un bit extra que se agrega a un grupo o código que se transfiere de una localidad a otra. El bit de paridad es un 0 o un 1, según el número de unos que haya en el grupo de código. Para esto se emplean dos métodos diferentes, paridad par y paridad impar.

En el método de paridad par, el valor del bit de paridad se escoge de manera que el número total de unos que hay en el grupo de código (incluso el bit de paridad) sea un número par. Por ejemplo, supóngase que el grupo de código es 1000011; el grupo de código tiene 3 unos por lo que representa un número impar, lo que se realiza es agregar un bit de paridad "1" para hacer que el número total de unos sea un número par. [100011]

Si el grupo de código contiene un número par de unos, al bit de paridad se le asigna el valor de "0". Por ejemplo, si el grupo de código fuera 10000001, el grupo de código tiene 2 unos por lo que representa un número par, lo que se realiza es agregar un bit paridad "0" para mantener el número par de unos.

El método de paridad impar se emplea de la misma forma que el de paridad par, es decir el bit de paridad será un "1" o un "0" dependiendo el número total de unos incluyendo al bit de paridad siempre y cuando el total sea un número impar.

El transmisor como el receptor deben de utilizar un método específico de paridad, sin embargo, no hay forma en que el receptor pueda indicar cual bit contiene el error ya que no sabe a que código corresponde.

Debe aclararse que este método de paridad no funcionará si dos bits tuvieran error, ya que dos errores no cambiarían la condición de impar o par del número de unos que hay en el código.

En la práctica el método de paridad se emplea sólo en situaciones donde la probabilidad de que se cometa un solo error es muy baja y la probabilidad de errores doble es esencialmente nula. Para el proyecto se utilizara la paridad par, ya que tanto la paridad par como la paridad impar son semejantes.

Para el diseño, se realizará del siguiente modo: antes de iniciar es importante señalar que se trabajará con ocho bits de datos, esto, con el fin de simplificar el trabajo como se observará en el desglose del diseño; por lo tanto se tienen 8 bits, que conforman la información por lo que resulta 255 combinaciones. para un análisis utilizando mapas de KARNAUGH sería imposible y tedioso de elaborar. Lo que se realizó fue dividir los 8 bits en dos secciones de 4 bits, lo que redujo a 16 combinaciones, como se muestra a continuación además obteniendo como salida el bit de paridad para cada combinación, como se muestra en la figura 3.1.3.1.

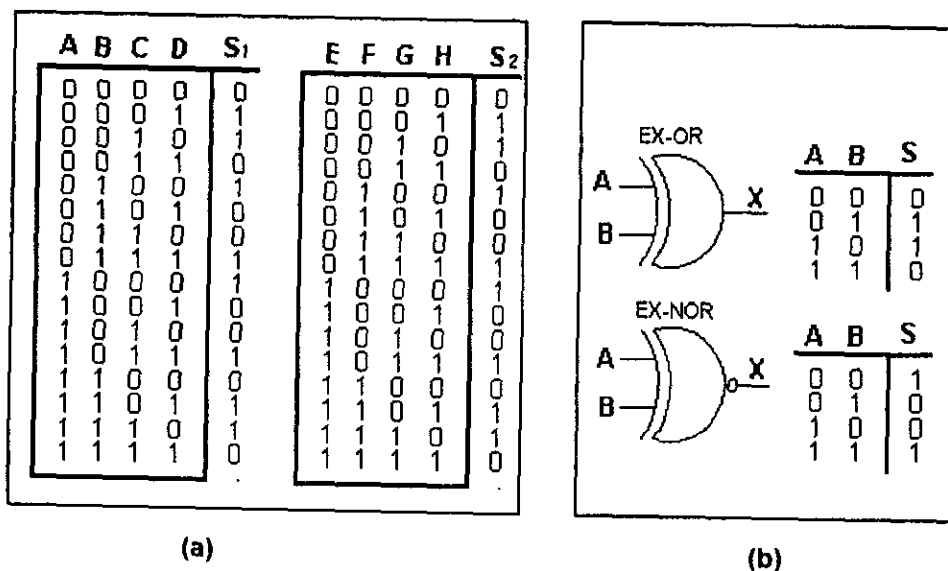


Figura 3.1.3.1 (a) tablas de los estados de los ventiladores. (b) EX-OR, EX-NOR y su respectiva tabla de verdad.

Se observa que cada cuatro ciclos del contador se representa a una compuerta EX-OR y una compuerta EX-NOR, por lo que en un bloque se tienen dos compuertas EX-OR y dos compuertas EX-NOR. Como los bloques son idénticos se analizará sólo uno y al final se unirán S1 y S2. Se analizará el bloque S1 que se representa en la figura 3.1.3.3.2.

A	B	C	D	S ₁
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

Figura 3.1.3.3.2 S₁ representa una EX-NOR y EX-OR cada cuatro ciclos

Los valores que toma C y D cada cuatro ciclos, es exactamente el comportamiento de una compuerta EX-OR y una EX-NOR. Por lo que para implementar los valores de C y D se utilizan estas compuertas, como se muestra en la figura 3.1.3.3.3:

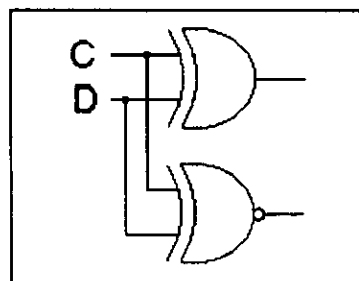


Figura 3.1.3.3.3 Implementación para C y D.

Para controlar y seleccionar los valores de C y D se basa en los valores que toman los bits A y B, donde cada cuatro ciclos se repite la misma numeración por lo que se puede representar como una compuerta EX-OR o una compuerta EX-NOR. El diseño se realizó de la siguiente forma (figura 3.1.3.3.4).

A	B		
0	0	0	EX-OR=0
0	1	1	EX-NOR=1
1	0	1	EX-NOR=1
1	1	0	EX-OR=0

Se forma otra
EX-OR

Figura 3.1.3.3.4 Representación de A y B.

Como se mencionó, los bits A y B seleccionan los bits C y D, donde para realizar la implementación se utilizaron Buffers de tres estados y un inversor, como se muestra en la figura 3.1.3.3.5.

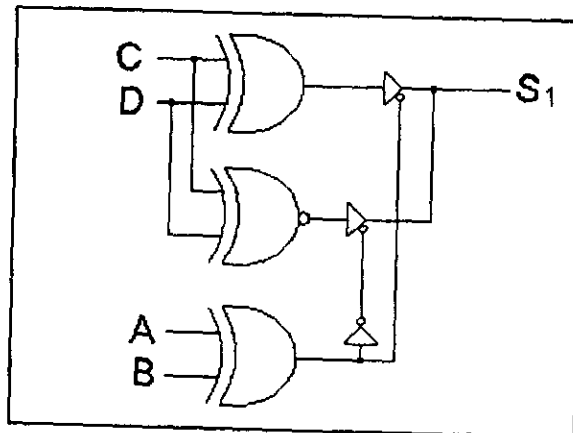


Figura 3.1.3.3.5 Implementación para obtener S1.

Por último se llega a la salida final en donde se unen los dos bloques, como se había mencionado anteriormente, es el mismo análisis tanto para S1 como para S2.

Ahora analizando los valores que toman S1 y S2 y lo que resulta a la salida final (Sf) se deduce lo siguiente, figura 3.1.3.3.6.

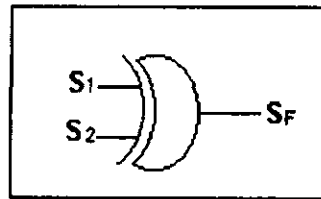
A	B	C	D	E	F	G	H	S ₁	S ₂	S _F
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0
0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1
0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0
0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0

Figura 3.1.3.3.6 Tabla que define S_F.

La salida S_F se obtiene de realizar paridad par de los valores de salida de S₁ y S₂, por lo que S_F se comporta como una compuerta EX-OR como se muestra (figura 3.1.3.3.7).

S ₁	S ₂	S _F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(a)



(b)

Figura 3.1.3.3.7 (a) Tabla de verdad para S_F. (b) Representación lógica de S_F.

Por lo que la implementación final del bit de paridad se tiene del siguiente modo (figura 3.1.3.3.8):

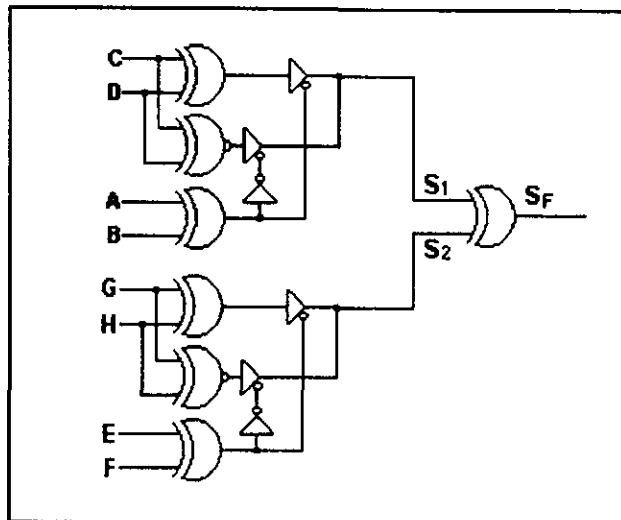


Figura 3.1.3.3.8 Implementación final del BIT de PARIDAD.

3.1.3.4 IMPLEMENTACIÓN DE RELOJ DEL SISTEMA

Para establecer la comunicación del sistema hacia la computadora existen diferentes parámetros de comunicación que tienen que configurarse, lo importante, al configurar es empezar por la velocidad de transmisión (razón de baudios), esto con el fin de tener el dato para inicializar el UART de la computadora. En la práctica se opera con unos estándares muy concretos, los más usuales son: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 7200, 9600, 19200, etc..

La velocidad de transmisión, se define como el número máximo de elementos binarios (bits) que pueden transmitirse por un determinado circuito de datos durante un segundo. Lógicamente la unidad de transmisión se mide en términos de bits por segundo (bps). Para la implementación del reloj del sistema, se realizó un oscilador que utiliza un cristal, el cual tiene una mayor estabilidad en cuanto a mantenerse constante a cualquier frecuencia.

El cristal utilizado es de 1.8432 MHz el cual se fija con una compuerta NAND, para obtener la frecuencia deseada, para la comunicación hacia la computadora se utilizaron divisores de frecuencia. Se utilizó el cristal de 1.8432 Mhz porque al realizar la división se obtiene con mayor exactitud las frecuencias estándares utilizadas en el sistema de comunicación. Para obtener la frecuencia que se manejará en el proyecto (frecuencia de 9600 Hz) el divisor utilizado es de 192; los divisores se implementaron con dos contadores uno configurado para operar como un contador ascendente MOD-16 y otro para operar como MOD-12, y para obtener el valor de 192 lo que se realiza es multiplicar el contador de 12 por el de 16, como se muestra en la figura siguiente (3.1.3.4.1).

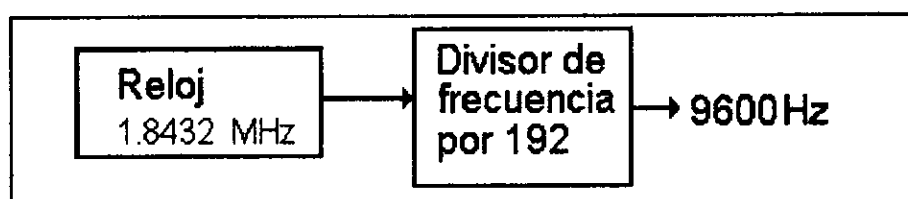


Figura 3.1.3.4.1 Diagrama de bloques del Reloj del sistema.

3.1.4 MODULO DE TRANSFERENCIA DE DATOS POR UNA LÍNEA

Una vez obtenido el diseño de los bloques que conforman al sistema de comunicación de señales, el siguiente punto es realizar la transferencia de información por un solo canal, es decir unir las líneas de salida de cada bloque por un canal común, para esto se optó por utilizar separadores (Buffers) de tres estados, que permiten la recolección de datos sincrónicamente utilizando el estado de alta impedancia. El chip utilizado es el 74LS125 (ver hoja de especificaciones en ANEXOS) es un buffer que permite la transferencia de datos al desactivar el estado de alta impedancia (el tercer estado de alta impedancia no proporciona y ni absorbe corriente) en nivel bajo como se muestra en la figura 3.1.4.1.

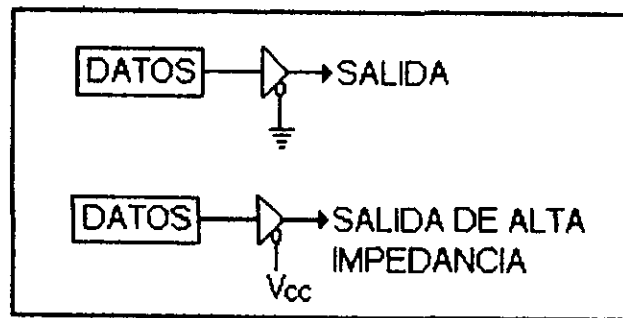


Figura 3.1.4.1 Representación para obtener la salida de datos.

Para el diseño del proyecto se utilizó un Buffer para cada etapa del sistema y la implementación se muestra en la figura 3.1.4.2:

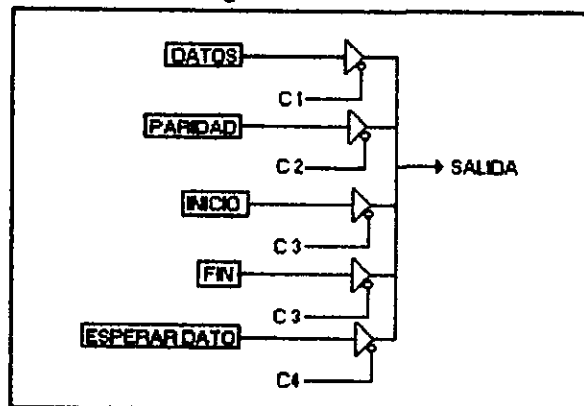


Figura 3.1.4.2 Salida de datos por un canal común.

Para obtener una sincronía en la selección de cada etapa de salida, se utilizó el contador del registro de corrimiento y se realizó el siguiente análisis: para la recolección de datos se tomó del contador el ciclo cero al ciclo seis al cual se le asignó para el análisis la letra C1, para el bit de paridad se tomó el ciclo siete del contador y se le asignó C2, para el control de comunicación (bit de inicio y parada se tomaron los ciclos ocho y quince y se asignó la C3, por último los bits de espera de inicio de transmisión que son los ciclos del nueve al catorce a los cuales se les asignó C4. Como se muestra en la figura 3.1.4.3.

A	B	C	D	C1	C2	C3	C4
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	0	1
1	1	0	1	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	1	0

C1=Contro de datos
 C2=Control de paridad
 C3=Control de inicio/fin
 C4=Control de espera de datos

Figura 3.1.4.3 Tabla que muestra los datos de salida.

Para representar el análisis anterior de forma diferente, se recurrió a un diagrama de tiempo (figura 3.1.4.4) que muestra la forma como se lleva a cabo la transición de cada etapa en un determinado ciclo, donde se observa que el bit de inicio de transmisión como la carga de datos se realiza en el ciclo 15.

La etapa de espera se consideró por contar con una pausa y permitir la espera del bit de inicio de transmisión. Los bits de espera se consideraron en nivel alto; porque al no haber transmisión se tienen un alto o un "1" lógico, pero al detectarse un bit de nivel bajo se indica el inicio de transmisión de datos.

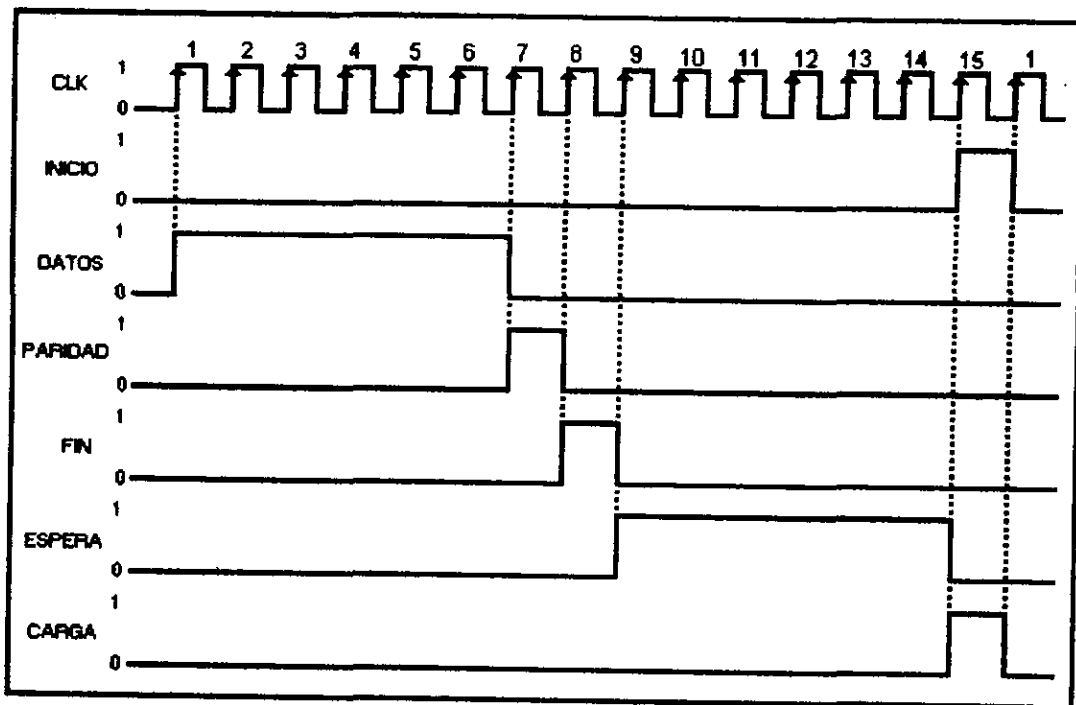


Figura 3.1.4.4 Diagrama de Tiempo que representa los datos.

Para obtener la implementación de las etapa: C₁, C₂, C₃ y C₄ se utilizó el análisis de mapas de KARNAUGH como se muestra en el diagrama siguiente (figura 3.1.4.5).

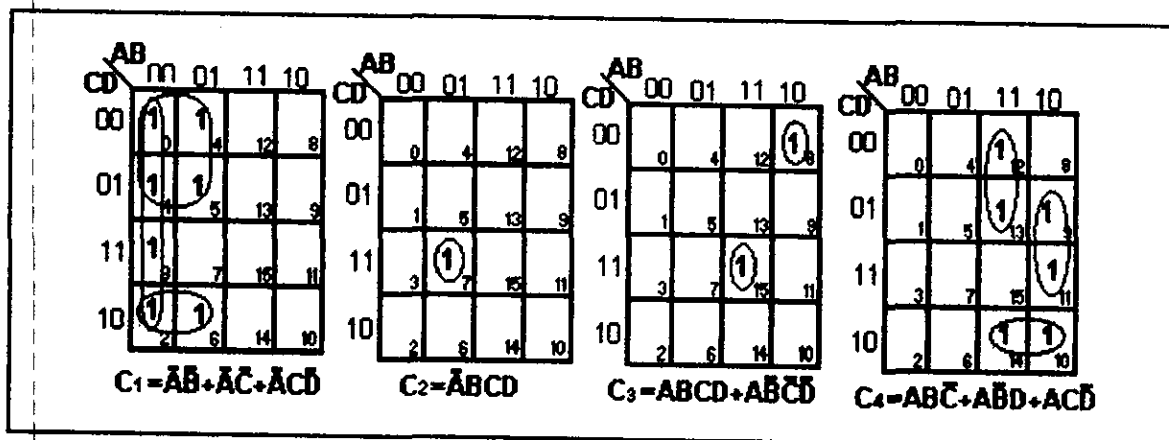


Figura 3.1.4.5 Mapas de Karnaugh del bit de datos, paridad, inicio/fin y bit de espera.

Por lo que la implementación del circuito del bit de paridad, bit de inicio/fin y bit de espera de datos tiene de la siguiente forma :

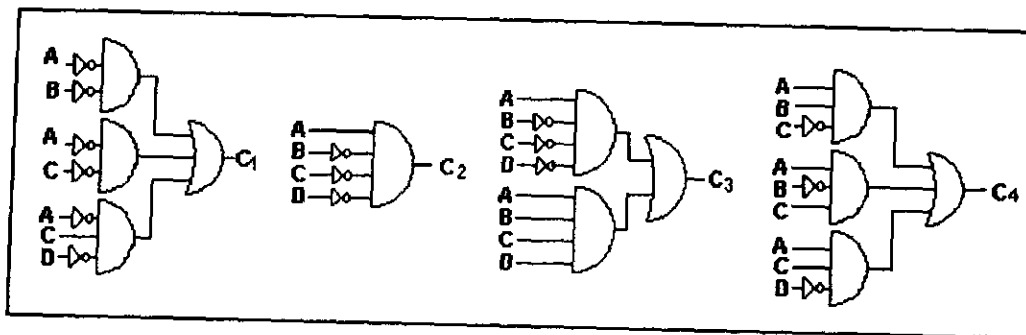


Figura 3.1.4.6 Implementación de C₁, C₂, C₃ y C₄.

Una vez terminado la etapa de Transferencia de datos, el punto final es integrar cada etapa; donde el circuito transmisor final queda establecido como se muestra en el diagrama de bloques (figura 3.1.4.7). Por último , es importante resaltar que la mayoría de los circuitos utilizados son de la familia TTL por lo que la fuente de alimentación requerida para el sistema es de +5V y GND.

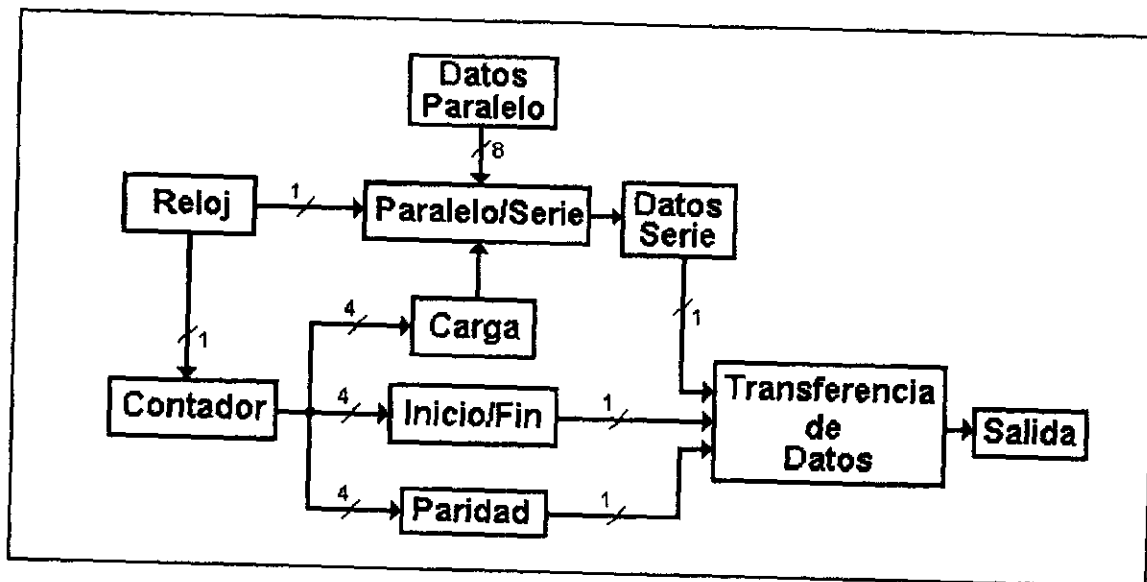


Figura 3.1.4.7 Diagrama de bloques del sistema.

3.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL

El monitor de vibraciones peligrosas tiene una opción llamada alarma remota que consiste de una señal de voltaje de salida de 65 volts de corriente alterna cuando se acciona la alarma de vibración peligrosa, y de cero volts cuando el ventilador presenta ausencia de vibración peligrosa o el equipo está fuera de servicio el comportamiento de esta señal se muestra en la figura 3.2.1

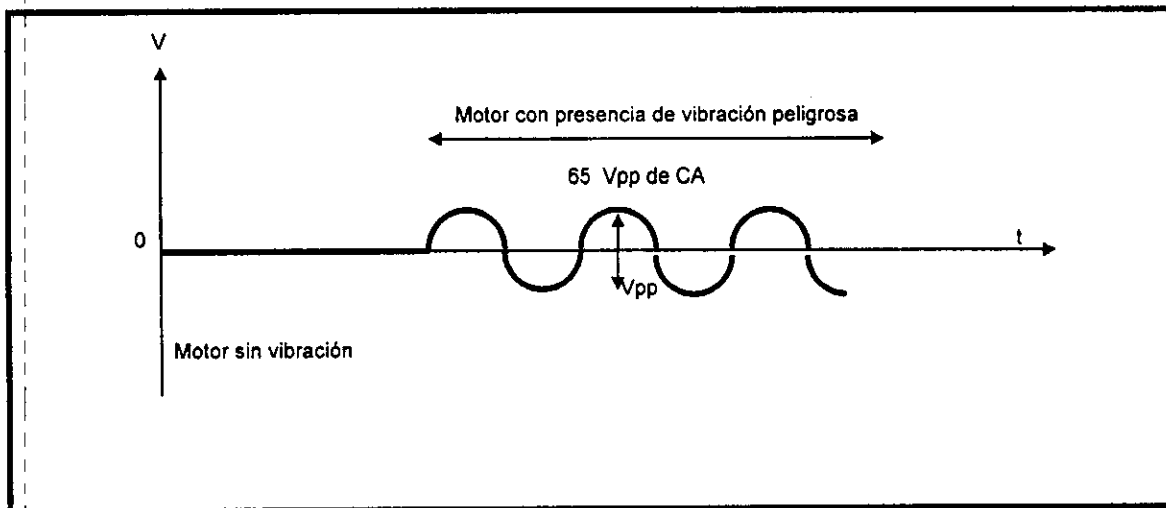


FIGURA 3.2.1 SEÑAL DE ALARMA DE VIBRACIÓN PARA VENTILADORES DE INTERESTACIÓN

Para convertir esta señal en corriente directa se rectifica, se filtra y se regula el voltaje.

3.2.1 RECTIFICACIÓN

El proceso de rectificación se realiza por medio de un puente de diodos, en este proceso se aprovecha la propiedad de los diodos de conducir la corriente en un único sentido.

En el efecto de rectificación de onda completa se utilizan cuatro diodos conectados como se muestra la figura 3.2.2

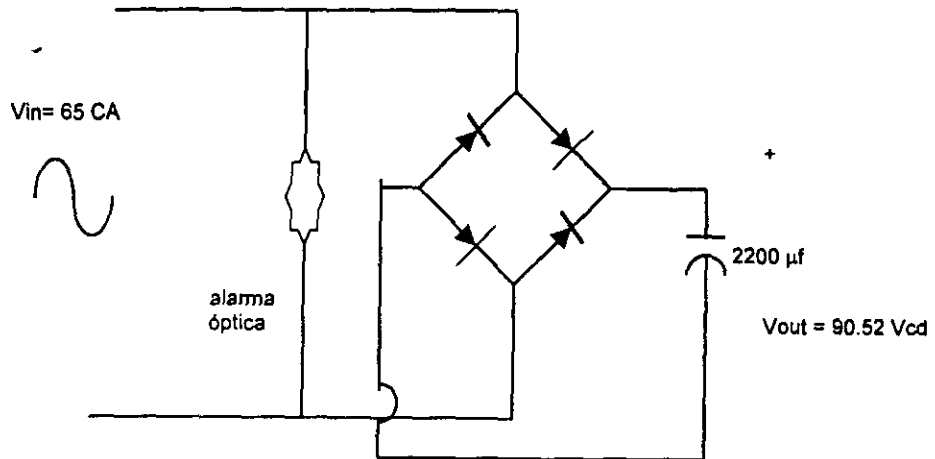


FIGURA 3.2.2 RECTIFICACIÓN POR MEDIO DE UN PUNTE DE DIODOS

Se escogió rectificarla por medio de un puente de diodos para evitar la pérdida de un lóbulo y aprovechar toda la forma de onda.

Nuestro voltaje de pico, a la salida del puente de diodos viene dado por la siguiente fórmula:

$$V_p = \sqrt{2}(V_{rms}) - 2V_d$$

sustituyendo valores:

$$V_p = \sqrt{2}(65) - 1.4$$

$$V_p = 90.52 \text{ v}$$

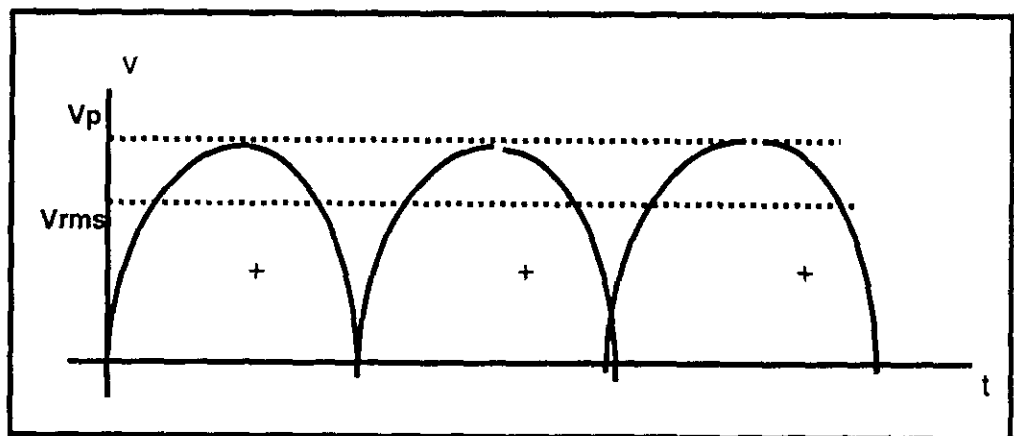


FIGURA 3.2.3 RECTIFICACIÓN DE ONDA COMPLETA

3.2.2 FILTRADO

Como el resultado de la forma de onda de la señal a la salida del puente rectificador no es un valor continuo se utiliza un capacitor para elevar la forma de onda de la señal y mantenerla en un valor continuo, el capacitor actúa como filtro paso bajas que remueve las pulsaciones y mantiene un valor constante.

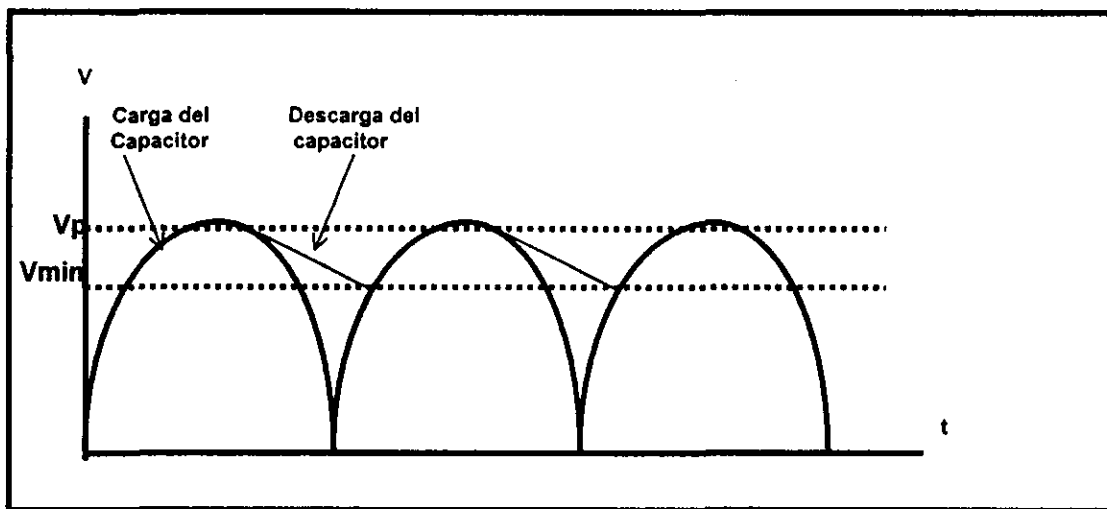


FIGURA 3.2.4 CARGA Y DESCARGA DEL CAPACITOR

En los intervalos entre los semiciclos donde no ocurre la conducción del diodo, el capacitor se encarga de proveer energías a la carga, descargándose como muestran las curvas de la figura 3.2.4. La forma de onda resultante después de que el capacitor se conecta a través de la salida del rectificador muestra que el voltaje filtrado tiene un nivel de cd con cierto factor de rizo sobrepuesto en él.

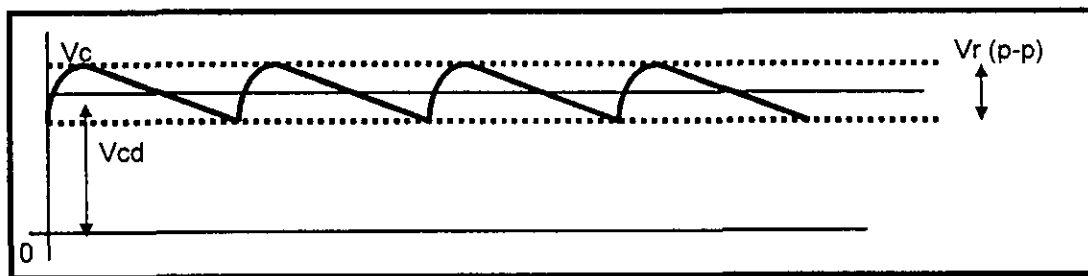


FIGURA 3.2.5 FILTRADO CON EL CAPACITOR

El valor del voltaje de corriente directa a la salida del capacitor viene dado por la relación:

$$V_{DC} = V_p - \frac{0.00417 V_p}{R_L C_f}$$

La impedancia del sistema realizado es de : 48 Ohms y el capacitor utilizado es de 2200 μ f, sustituyendo en la fórmula:

$$V_{DC} = 90.52 - \frac{0.00417 \cdot 90.52}{48(2200e-6)}$$

$$V_{DC} = 89.467 \text{ v}$$

3.3.3 REGULACIÓN

Manejando señales de lógica combinatorial de 5 y 0 volts es necesario reducir la salida de voltaje a 8 volts que es la señal aproximada y necesaria para saturar un regulador de voltaje 7805 , por lo que se obtiene:

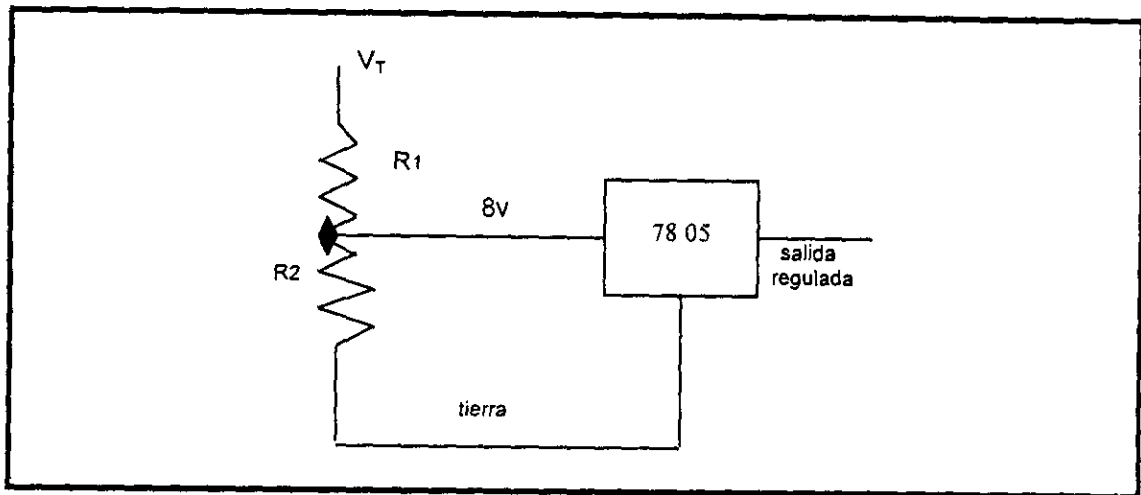


FIGURA 3.3.6 REGULACIÓN DE VOLTAJE DE LA SEÑAL DE ALARMA

Por medio de un divisor de voltaje obtendríamos la siguiente fórmula:

$$V_{R2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} [V_T]$$

Sustituyendo si $V_{R2} = 8v$ y $V_T = 90V$

$$\frac{8}{90} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

De la relación si $R_2 = 8 \text{ kohms}$ entonces $R_1 = 82 \text{ kohms}$

La potencia disipada a la salida es de 2.8 watts, por lo que las resistencias son de 8,2 y 82 kohms a 5 watts.

La señal de voltaje regulada a 5 volts es la que se envía en forma de un uno lógico o cero lógico que indica a la computadora la existencia o inexistencia de vibración excesiva.

3.3 SELECCIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

La distribución de los equipos de ventilación localizados en interestación de la línea 3 se presenta en la figura 3.3.1

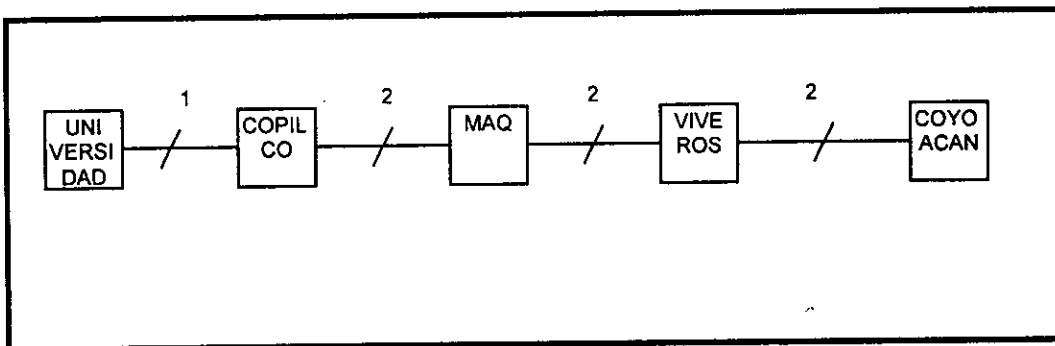


FIGURA 3.3.1 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE INTERESTACIÓN EN LA LÍNEA 3

Del tramo¹ Universidad - Coyoacán se tienen instalados siete equipos de protección contra vibración mecánica. Las señales de alarma que produzca una vibración excesiva producen un voltaje de 8 ó 0 volts de corriente directa.

La línea de transmisión que se eligió es el par telefónico el cual además de garantizarnos un bajo costo nos proporciona una mayor inmunidad al ruido al añadirse un fleje de aluminio con un espesor de 0.2 a 0.32 mm que lo proteja².

3.3.1 REQUERIMIENTOS DEL STC

El STC requiere, en base de concursos o licitaciones, el cableado telefónico con las siguientes especificaciones:

¹Parte de una línea del metro

²Especificación técnica para el suministro de cables de señalización y telecomunicaciones 79-IEM-0.03-III-16-87e. MARZO 1979

- Un forro de material termoplástico de material de cloruro de polivinilo (PVC) con un espesor nominal de 1.2 mm.

- No propagador de fuego

- El valor máximo de resistividad no debe exceder a 20° C de 0.017241 ohm/m a 1.7241×10^{-8} ohm/m

- El valor de impedancia debe de ser 28.05 ohm/km para cables de calibre 22.

- La capacitancia efectiva debe ser inferior de 57.5 nF/km

- El desequilibrio de capacitancia real-tierra debe ser inferior a 700pf para los tramos de 500 m

- El cable deberá indicar lo siguiente al menos cada metro con letras o números de 3 mm de alto:

- La inscripción de la propiedad (COVITUR - STC)

- El nombre o la sigla del fabricante

- El número de pares

- El calibre

- El año de fabricación

- Los cables deben identificarse por la clave de colores de material sintético (Negro, Azul, Amarillo, Rojo, Verde y en sucesión cíclica nuevamente para formar los pares y cuartetos³).

³ Los conductores (hilos) forman pares, entonces una cuarteta son cuatro hilos.

3.3.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

Dependiendo del forro del cable se requieren las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	POLIETILENO	POLIPROPILENO
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	1.687 kg/mm ² MÍNIMO	2.109 kg/mm ² MÍNIMO
ALARGAMIENTO	300 % MÍNIMO	300 % MÍNIMO
DOBLEZ EN FRÍO	0 FALLAS EN 10 ESPECIMENES	0 FALLAS EN 10 ESPECIMENES
CONTRACCIÓN	3.58 mm MÁXIMO	3.18 mm MÁXIMO

3.3.2 USO DEL CABLE EN EL STC

El uso del cable depende del color de forro de protección, así se tiene el siguiente código de colores:

COLOR	DEPARTAMENTO
VERDE	SEÑALIZACIÓN
BLANCO	PILOTAJE AUTOMÁTICO
NEGRO	TELEFONÍA
NARANJA	MANDO CENTRALIZADO
MORADO	MANDO CENTRALIZADO
AZUL	PILOTAJE AUTOMÁTICO
GRIS	PEAJE

El STC especifica por medio de normas que el forro puede ser de color indistinto mientras no sea igual al de las secciones o departamentos que se acaban de mencionar. Por lo que se decidió utilizar un cable color rojo de 14 pares para mantener libres 7 pares en caso de ruptura de algún par ocupado.

3.3.3 SISTEMA A IMPLEMENTAR

El lugar donde se va a localizar el cable es por medio de "charolas" que se localizan en la pared y para evitar la atenuación se recurre al uso de buffer que mantiene el voltaje en términos lógicos. Así si de la interestación Coyoacán - Viveros se tiene una longitud⁴ de 1058.404m la señal se transporta a un local donde se colocaría un equipo con el buffer para elevar el voltaje de la señal como se muestra en la figura 3.3.3.1.

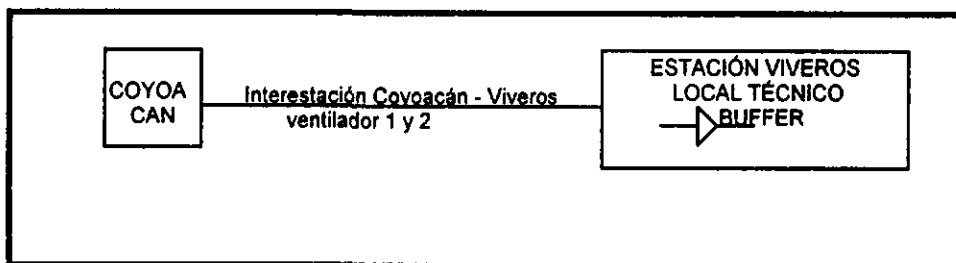


FIGURA 3.3.3.1 LOCALIZACIÓN DEL BUFFER EN LA ESTACIÓN VIVEROS LÍNEA 3

Siguiendo este procedimiento hasta tener el total de 7 señales y localizarnos en la estación Universidad la señal será llevada al TCO⁵ donde se llevará a cabo el monitoreo de las alarmas por medio de la computadora.

3.3.3.1 BUFFER

El buffer es un circuito seguidor que tiene la propiedad de elevar la caída de voltaje a un voltaje TTL, figura 3.3.3.1.1.

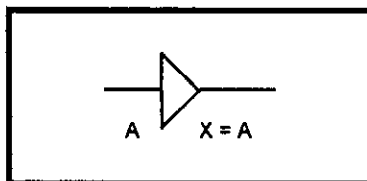


FIGURA 3.3.3.1.1 BUFFER

⁴Ver en el anexo el perfil de línea donde se muestran las distancias entre interestaciones.

⁵TERMINAL DE CONTROL ÓPTICO, lugar donde se verifica el control de tráfico de la línea y el funcionamiento de los equipos más importantes.

3.4 Interfaz del sistema hacia la PC

En la transmisión de datos binarios de un sistema a otro puede utilizarse técnicas de transmisión serial o paralela. En la transmisión paralela su característica es que cada bit se transmite por un cable o línea separada y en la transmisión serial, se utiliza un par de líneas para transmitir el dato bit a bit.

El envío de datos en la transmisión serie inicia con la transmisión de la palabra (primero el bit menos significativo), enseguida se transmite el bit de paridad con uno o varios bits de stop y finalmente un bit de start también llamado bit de inicio de transmisión.

3.4.1 TRANSMISIÓN DE DATOS SÍNCRONA Y ASÍNCRONA.

La transmisión serial de datos se divide en dos tipos: síncrona y asíncrona.

3.4.1.1 TRANSMISIÓN SERIAL SÍNCRONA

La característica principal de la transmisión serial síncrona es que los bits de información son enviados como un bit de dato en cada pulso de reloj. El dispositivo receptor debe ser capaz de interpretar correctamente los datos, trabajando a la misma velocidad del transmisor, reconociendo así el inicio y fin de cada unidad de datos (palabra o word).

Generalmente, se utilizan uno o dos caracteres de sincronía para indicar el inicio de cada flujo de datos, un conjunto de datos menor o igual a ocho, un bit de paridad (par, impar o sin paridad). El receptor síncrono espera los datos, tan pronto como el receptor reconoce uno o dos bits de sincronía, basándose en el número de caracteres de sincronía utilizados, empieza a interpretar los datos. En la transmisión síncrona, el transmisor requiere enviar continuamente los datos al receptor. De

cualquier forma, si los datos no están listos para ser transmitidos, el transmisor enviará caracteres de sincronía hasta que los datos se encuentren listos.

3.4.1.2 TRANSMISIÓN ASÍNCRONA

En este tipo de transferencia de datos, el dispositivo transmisor no requiere estar sincronizado con el receptor. El transmisor puede enviar una o más unidades de datos cuando tiene datos listos para ser enviados. La unidad de datos debe tener un formato, debe contener bits de inicio y paro, indicando el principio y el fin de cada una de ellas.

El formato para datos seriales asíncronos contiene la siguiente información:

- Un bit con el nivel bajo para el inicio
- De 5 a 8 bits de datos, denotando el dato actual que se está transfiriendo
- Un bit de paridad opcional, ya sea de paridad impar o par
- Bit y medio, uno o dos bits de paro que tengan niveles altos.

El siguiente ejemplo muestra una palabra serial asíncrona con un bit bajo de inicio, 7 bits de datos, un bit de paridad impar y dos bits de paro.

0	11110000	0	11
Bit de inicio	datos	paridad	bits de paro

3.4.2 VELOCIDAD DE LOS DATOS SERIALES

La velocidad de los datos seriales es conocida como velocidad de transmisión (bauds). La velocidad más baja es de 300 bauds y las altas velocidades de transmisión de datos alcanzan hasta 9600 bauds.

3.4.3 INTERFACES SERIALES RS - 232

La necesidad de transmitir y recibir información ha creado el desarrollo de vínculos con otras computadoras que podrían estar en una gran distancia o en la

misma área, motivo por el cual se crearon los protocolos que cuentan con las especificaciones necesarias para realizar la transmisión y recepción de información de un dispositivo a otro, razón por la cual se han desarrollado los **Módems** (**Moduladores-Demoduladores**), que usan las líneas telefónicas para comunicarse con computadoras remotas (larga distancia), los módems y otros dispositivos para transmitir o recibir datos seriales son denominados Data Comunicación Equipment (**DCE**); las terminales que reciban información son llamadas Data Terminal Equipment (**DTE**).

Debido a la necesidad de estandarizar las señales y el enlace entre ellos, la Asociación de Industrias de Electrónica (**EIA**), desarrolló el estándar del **RS232** que describe las funciones de los 25 pines y señales para la transferencia serial de datos. (SCH 92 PAG 556)

Para realizar la comunicación por el puerto serie de la computadora la **EIA** y el **Comité Consultivo Internacional de Telecomunicaciones y Telefonía (CCITT)** determinaron normas tanto como para las dimensiones del conector, como el número de clavijas y su posición o los diferentes parámetros eléctricos. Sólo que el **CCITT** la dividió en dos: **V.24** y **V.28**, en la **V.24** se especificaron los protocolos de comunicación asíncronos y el modo de conexión de los conectores así como su formato. En la norma **V.28** se incluyó el resto de la especificación **RS 232**, los valores eléctricos y las características. Entre ellos podemos citar el nivel de la señal, la impedancia terminal y la resistencia a corto circuito. El nivel de la señal debe moverse entre **+3v** y **+15 v** para cero lógico y **-3v** y **-15v** para el uno lógico. (SCH 92 PAG 556)

Dado que el estándar **RS 232** se entiende que puede extenderse a cualquier sistema, no se habla nunca en la especificación de un tipo de ordenador concreto sino de dos polos, el **DTE** y el **DCE**, en nuestro caso el **DTE** sería la **PC** y el **DCE** sería nuestro sistema.

3.4.3.1 CONECTORES RS 232

La figura 3.4.3.1 muestra el cableado dentro del conector DB 9 de 9 polos que desde el lado del PC es un conector macho en el que se inserta el cable hacia el sistema. Básicamente las señales del protocolo: Request To Send RTS señal que hace la petición para transmitir, Clear To Send CTS señal de listo para transmitir, Data Set Ready DSR señal que indica que el módem está preparado y Data Terminal Ready DTR señal que indica que la terminal de datos está lista. El conjunto de estas señales sirve para regular la intercomunicación entre el PC y el sistema.

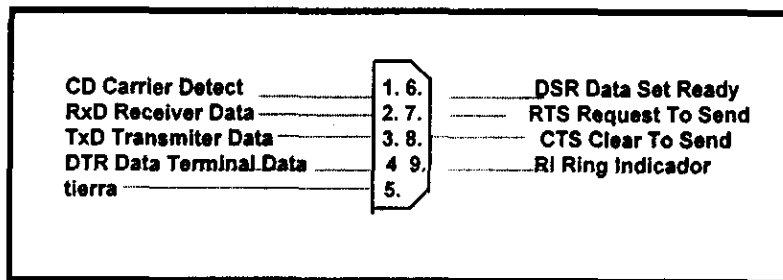


FIGURA 3.4.3.1 CONECTOR DB 9

3.4.3.2 CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Dentro de los dispositivos de hardware para interfaces, un dispositivo muy utilizado es el circuito integrado MAX232.

El MAX232 genera alimentaciones positivas y negativas mediante la carga de dos capacitores flotantes. La primer carga convierte la entrada +5v a un voltaje nominal de +10v en V+. La segunda convierte -5v a -10v. Las salidas de $\pm 10v$ alimentan así a los transmisores RS-232, con dos transmisores y dos receptores el MAX 232 es recomendable para conexiones RS232 donde el DTE y el DCE utilizan una línea de datos y una línea de control. La figura 3.4.2 muestra el diagrama de voltajes del MAX232.

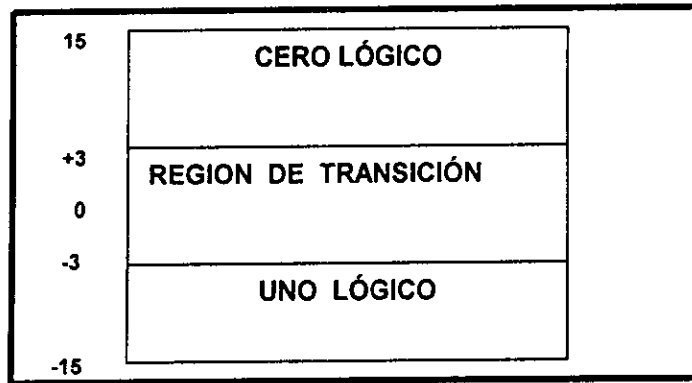


FIGURA 3.4.2 DIAGRAMA DE VOLTAJES DEL MAX-232

3.4.3.3 PROTOCOLO PARA LA COMUNICACIÓN

Antes de que se inicie la transmisión o recepción de un DTE y un DCE se debe establecer el protocolo de comunicación: primero el DTE pone la línea DTR en alto para indicarle al DCE que esta preparado para la comunicación, como respuesta el DCE pone la línea DSR en alto indicando con ello su disponibilidad para el establecimiento de la comunicación. Ambas líneas deben permanecer en alto mientras dure la comunicación. Si la línea DTR volviera a bajo por alguna circunstancia el DCE pondría la línea DSR en bajo y sólo se podrían recibir nuevos datos cuando la línea DTR se volviese a poner en alto. La desconexión de la línea DTR por parte del PC sirve como señal de que la comunicación debe ser interrumpida e incluso se utiliza para ese fin por medio del software.

El hecho de que las líneas DTR y DSR estén en alto no significa que el ordenador pueda enviar espontáneamente caracteres al módem. También existen dos líneas de saludo que coordinan el conjunto proceder del DTE y el DCE.

El DTE es el primero en poner la línea RTS en alto y con ello articular su predisposición a enviar datos, si el DCE está preparado para recibirlos lo indica poniendo en alto la línea CTS. De esta manera se ha completado el "handshaking". En este momento se puede recibir un Byte. Si el DTE quiere recibir más datos,

simplemente deja la línea RTS en alto y observa el estado de la línea CTS, así al momento de ponerse en alto se puede recibir la transmisión.

3.4.3.4 UART

En el interior del puerto serie de la PC existe un chip para la entrada, la salida de caracteres y para la conversión de palabras de datos en las correspondientes señales del puerto serie, este se le denomina UART ("Universal Asynchronous Receiver Transmitter").

Un UART contiene un registro de estado que indica si el buffer de entrada está lleno, lo que implica que ha recibido una palabra, y si está vacío se le puede enviar una palabra. El registro contiene también banderas de detección de errores, verifica banderas de inicio y fin, y el generador de baud.

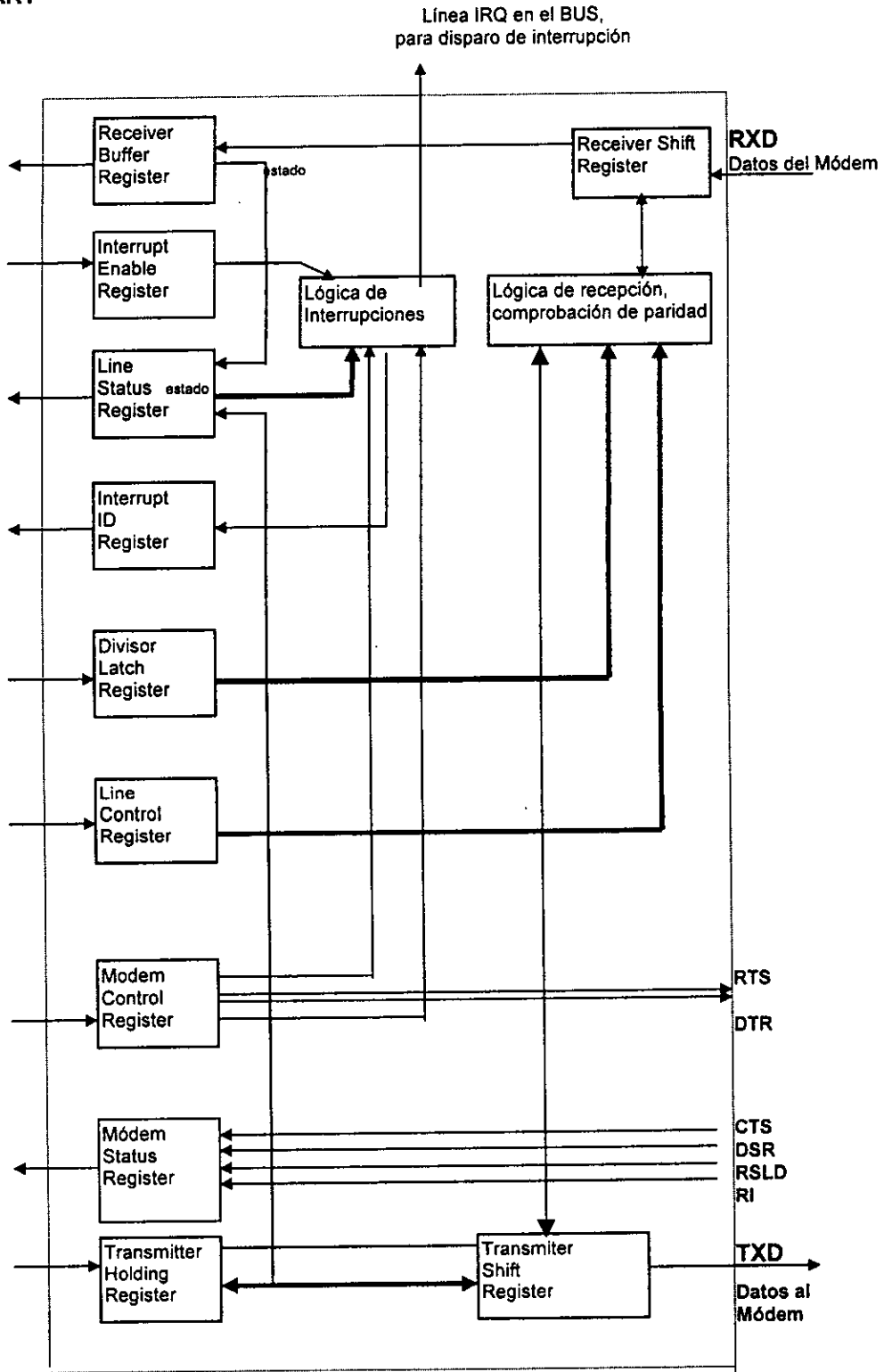
3.4.3.5 REGISTROS DEL UART

El UART dispone de 10 registros accesibles vía software. Además dispone de algunos otros registros adicionales accesibles sólo internamente. Si el UART recibe un carácter, los diferentes bits que se van recibiendo primero en el RSR hasta que se completa una palabra de datos, si no aparece ningún error, el Byte es transferido al Receiver Data Register donde puede ser leído vía software. En la figura 3.4.3.5 se muestran los registros internos del UART 8250 y en la figura 3.4.3.6 se muestra el diagrama de bloques del UART.

Registro	Abreviatura	Lectura	Escritura	Puerto	Bit 7 en
Transmitter Holding	THR		*	Base + 0	LCR 0
Receiver Data	RBR	*		0	0
Baudrate Divisor LSB	DLL	*	*	0	1
Baudrate Divisor MSB	DLM	*	*	1	1
Interrupt Enable	IER	*	*	1	0
Interrupt ID	IIR	*		2	
Line Control	LCR	*	*	3	
Modem Control	MCR	*	*	4	
Line Status	LSR	*	*	5	
Modem Status	MSR	*	*	6	

FIGURA 3.4.3.5 REGISTROS INTERNOS DEL UART 8250

UART



3.4.3.6 MODO POLLING O INTERRUPCIÓN.

La comunicación entre el software y el UART puede darse tanto en modo polling como en modo interrupción. En modo polling es responsabilidad del software consultar a través del Line Control Register el estado del UART a espacio de tiempos regulares pero tiene como principal desventaja que la CPU está todo el tiempo ocupada con el dispositivo, aunque la velocidad de los caracteres comparándola con la velocidad de la CPU son enviados de manera lenta.

Normalmente se prefiere trabajar con el procedimiento de interrupciones que tiene como ventaja que se utiliza el puerto serie sólo cuando realmente llega un carácter o debe sortearse un fallo, pues sólo en estas situaciones inicia el UART una interrupción y activa con ello el administrador de interrupciones. El UART realiza este trabajo a través de dos registros de interrupción.

3.4.3.7 ACCESO A LOS REGISTROS

Los registros del UART son accesibles desde diferentes puertos que se orientan en la dirección de base del puerto serie, esta dirección base puede, teóricamente escogerse a voluntad, pero en la práctica los dos puerto serie de una PC, COM1 y COM2 son accesibles a través de las direcciones de base 3F8 y 2F8. Para COM3 y COM4 normalmente se utilizan las direcciones de base 3E8 y 2E8.

3.4.3.8 INICIALIZACIÓN DEL UART

El UART debe ser inicializado especialmente en los diferentes parámetros de comunicación: razón de baudios, longitud de palabra de datos, número de bit de stop.

Generalmente se empieza con la razón de baudios, pues al escribir los distintos registros, el UART inicializa el resto de los parámetros.

Para la determinación de la razón de baudios existen los registros DLL y DLM. El valor deseado no entra directamente sino como un cociente con respecto a la frecuencia del UART, que es del 1.8432 Mhz. La razón de baudios comunicada al UART que tan rápido debe generar los diferentes bits con respecto a su frecuencia de reloj.

En concreto la fórmula sería:

$$\text{Valor del registro} = 1.8432 \text{ Mhz} / (16 \times \text{razón de baudios})$$

La igualdad expresa que el UART debe dividir la duración de un pulso por 16 y tras N (con N= razón de baudios) de estos pulsos, enviar el siguiente bit a la línea. Como valor del registro se obtiene un valor de 16 bits cuyo Byte menos significativo debe escribirse en DLL, y cuyo Byte más significativo debe escribirse en DLM. En la siguiente tabla se presentan los valores más comunes para la razón de baudios, divisor y sus correspondientes valores de registros DLL y DLM.

El resto de los parámetros, como la longitud de palabra, el número de bit de stop y la utilización del bit de paridad se configuran a través del registro Line Control Register (LCR), que se encuentra en la dirección relativa 3 con respecto a la dirección de base del puerto serie. Este registro se puede escribir para llevar a cabo nuevas reconfiguraciones, pero también se puede leer si se quiere saber la configuración actual. Figura 3.4.3.8.1

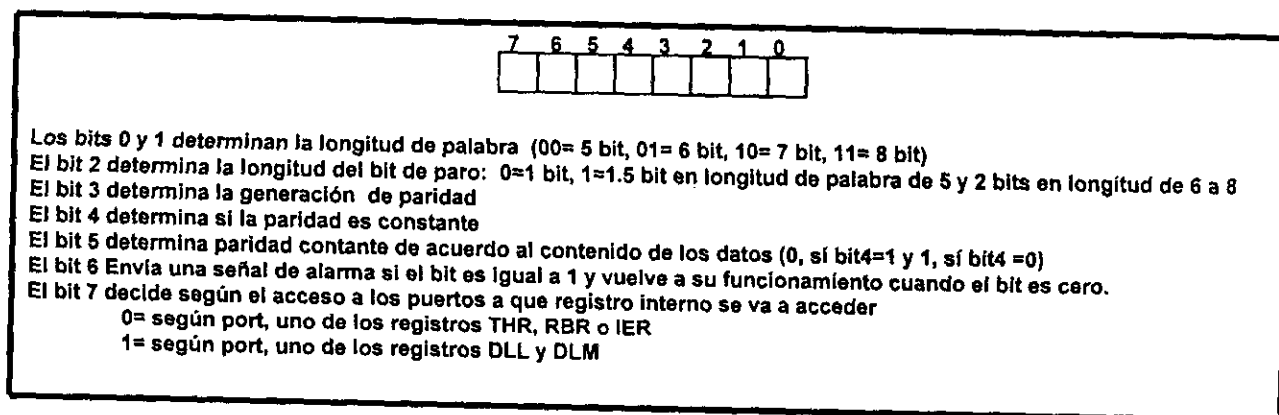


FIGURA 3.4.3.8.1 ESTRUCTURA DEL LCR

3.4.3.9 ESTADO ACTUAL DEL UART

Las informaciones de estado más importantes sobre la emisión y recepción de caracteres y el estado de la línea de transmisión se puede consultar a través del Line Status Register (LSR).

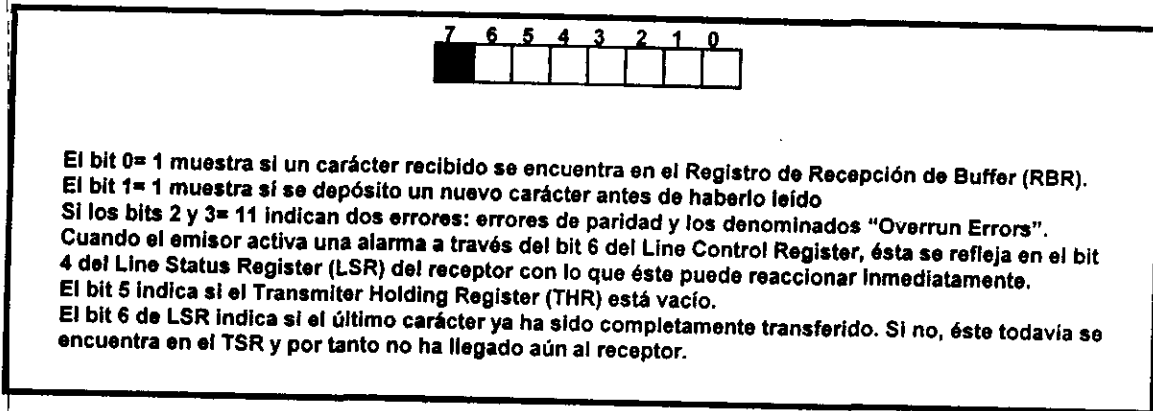


FIGURA 3.4.3.9 ESTRUCTURA DEL LSR DEL UART

3.4.3.10 CONTROL POR INTERRUPCIONES

Existen dos registros de interrupción: el Interrupt Enable Register (IER) y el Interrupt Identification Register (IIR).

El IER determina las situaciones en que las interrupciones deben ser llevadas a cabo, y el IIR indica al administrador de interrupciones del puerto serie al llamarlo con que objeto se le ha requerido.

A través del IER se pueden configurar de modo selectivo los eventos que la llamada del administrador de interrupciones del puerto serie debe realizar.

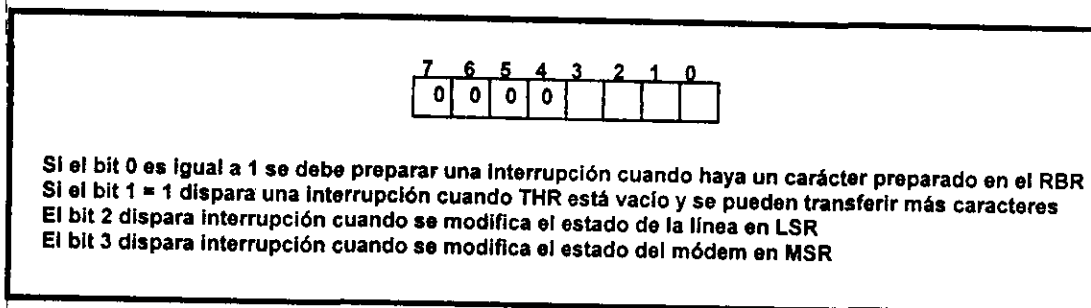


FIGURA 3.4.3.10.1 REGISTRO IER

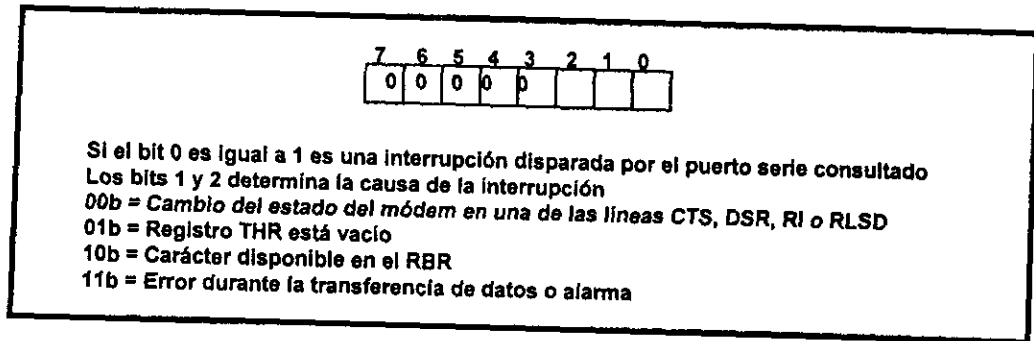


FIGURA 3.4.3.10.2 REGISTRO IIR

MÓDEM REGISTER

Del mismo modo que el LSR y el LCR se ocupan de controlar y gobernar la conexión entre dos puertos serie, el MSR y el MCR se responsabilizan de vigilar y gobernar la conexión entre el puerto serie y el DCE figura 3.3.3.10.3

MÓDEM CONTROL REGISTER

Al activar el MCR se debe hacer que las banderas del registro se encuentren de la siguiente manera:

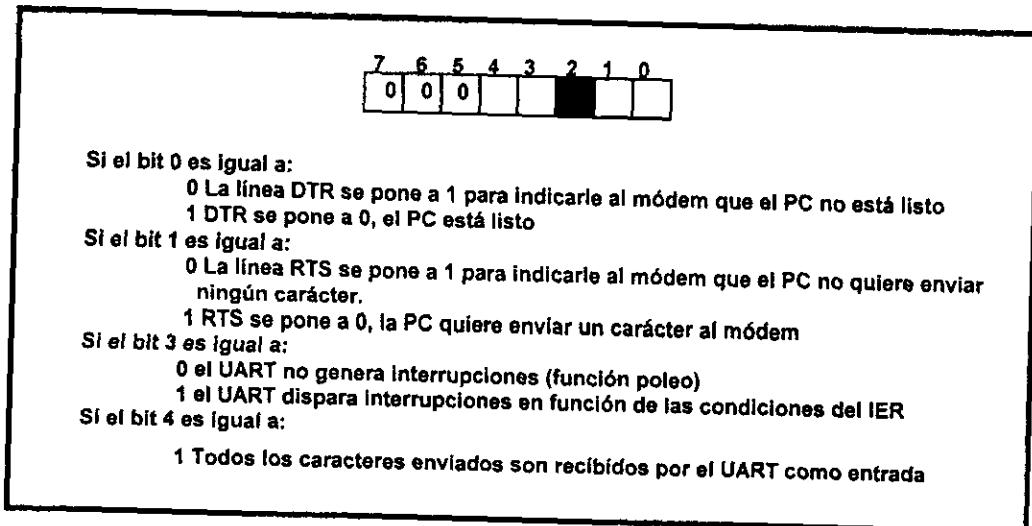


FIGURA 3.4.3.10.3 REGISTRO MCR

MÓDEM STATUS REGISTER

A través de este registro se pueden consultar el estado de las líneas CTS, DSR, RI y RLSD figura 3.4.3.10.4

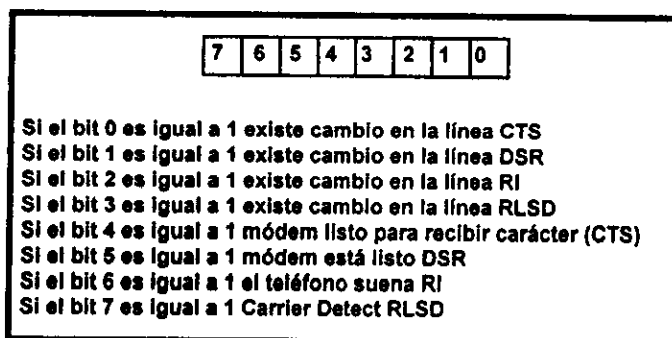


FIGURA 3.4.3.10.3 REGISTRO MSR

3.5 DESARROLLO DEL SOFTWARE

Una vez realizado el sistema que procesa y digitaliza los estados de los ventiladores (extractores), donde el objetivo fue tener los estados de los ventiladores como datos de entrada hacia la computadora. Ahora la siguiente etapa que se requiere para el monitoreo de la señal es el uso de la PC, donde es fundamental que el personal encargado del mantenimiento del equipo tenga un fácil manejo y acceso de identificar los estados de los ventiladores por medio de la computadora. Para esto es necesario emplear un lenguaje de programación, el cual tenga la capacidad de interpretar y ejecutar una serie de instrucciones para realizar la comunicación del sistema hacia la PC.

3.5.1 PUERTO SERIE

Para el desarrollo del proyecto es fundamental utilizar la Tarjeta controladora de puertos, pero enfocado principalmente al puerto serie. El puerto serie constituye claramente una herramienta cuando se trata de conectar a la PC con un periférico, donde debe de existir un programa que controle al puerto serie para activarlo o iniciarlo, para recibir o enviar información. El puerto serie es mucho mas lento que el puerto paralelo, sin embargo, desde el punto de vista del cableado ofrece más ventajas. La transmisión serie en un sentido utiliza dos líneas (tierra y datos), para la transmisión en dos sentidos, se utilizan tres líneas (una más para la línea de datos adicional en sentido contrario). Además hay otras líneas cuya función es exclusivamente de control y señalización. Afortunadamente, no se tienen que implementar todas las líneas para llevar a cabo una transmisión serie simple. [PC]

3.5.2 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Los lenguajes son sistemas de comunicación, un lenguaje de programación incluye todos los símbolos, caracteres y reglas de uso que permite la comunicación del usuario con la máquina. Algunos lenguajes son creados para una aplicación especial, mientras que otros son herramientas de uso general, más flexibles y apropiadas para muchos tipos de aplicaciones en cualquier caso, todos deben tener instrucciones que pertenecen a las categorías de entrada-salida, cálculo-manipulación de textos, lógicas-comparación y almacenamiento-recuperación.

3.5.2.1 LENGUAJE DE MÁQUINA

El lenguaje de máquina de una computadora consta de números binarios. Todas las instrucciones preparadas en cualquier lenguaje de máquina constan de por lo menos dos partes: la primera es el comando u operación a realizar (todos los microprocesadores y microcontroladores tienen un código de operación para cada una de sus funciones). La segunda parte de la instrucción es el operando, que indica al microprocesador dónde hallar o almacenar los datos y otras instrucciones que serán manipuladas.

3.5 2.2 LENGUAJE ENSAMBLADOR

Un ensamblador es el que se encarga de traducir abreviaturas del código (mnemotécnicos) al lenguaje de máquina. El programa de instrucciones escrito en lenguaje ensamblador convierte el programa fuente en código de máquina, a éste último se le llama programa objeto.

3.5.2.3 LENGUAJE DE ALTO NIVEL

Los primeros programas ensambladores producían solo una instrucción en lenguaje de máquina por cada instrucción del programa fuente. Para agilizar la codificación, se desarrollaron programas ensambladores que podían producir una cantidad variable de instrucciones en lenguaje de máquina por cada instrucción del programa fuente, es decir, una macroinstrucción podía producir varias líneas de códigos en lenguaje de máquina. El desarrollo de las técnicas mnemotécnicas y las macroinstrucciones condujo al desarrollo de los lenguajes de alto nivel. Las principales ventajas de un lenguaje de alto nivel son: aproximación al lenguaje natural y rutinas de uso frecuente como son las de entrada- salida, funciones matemáticas, gráficos, etc.

3.5.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA

Para la realización de un programa se sugieren una serie de pasos, esto con el fin de llevar un orden, y como consecuencia obtener la solución al problema a resolver. El proceso de solución de problemas se inicia con la especificación del problema y concluye con el programa correcto.

3.5.3.1 PROCESO DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Seguiremos tres pasos: 1) especificar el problema, 2) realizar el diagrama de flujo para su solución, 3) Codificar el algoritmo en lenguaje de programación.

3.5.3.1.1 ESPECIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El problema a resolver es verificar el estado de los ventiladores (extractores) del sistema y a través de una interfaz transmitirlos y desplegarlos en pantalla de la computadora.

Para la solución es importante desglosar el problema de la siguiente forma:

- 1 Parámetros de arranque de la PC
 - 1.1 parámetros de librería
 - 1.2 variables a utilizar
- 2 Selección del puerto serie
 - 2.1 COM1, COM2
- 3 Configuración de los parámetros de comunicación
 - 3.1 acceso a divisor de baudios
 - 3.2 longitud de palabra
 - 3.3 bit de paridad
 - 3.4 bit de stop
- 4 Subrutina de bienvenida al programa
- 5 Inicializar y activar el puerto serie
- 6 acceso a los registros
 - 6.1 registro transmisor
 - 6.2 registro receptor
 - 6.3 registro status,
 - 6.4 registro de LSB y MSB
- 7 Subrutina para leer dato del puerto serie
- 8 Subrutina para desglosar información de los ventiladores en la pantalla
- 9 Subrutina para salir del programa.

3.5.3.1.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA

Un algoritmo es un procedimiento computacional cuyos pasos son elementales y están totalmente especificados. El algoritmo siguiente (figura 3.5.3.1.2.1) muestra los pasos a seguir para realizar la comunicación de dos elementos sistema-PC.

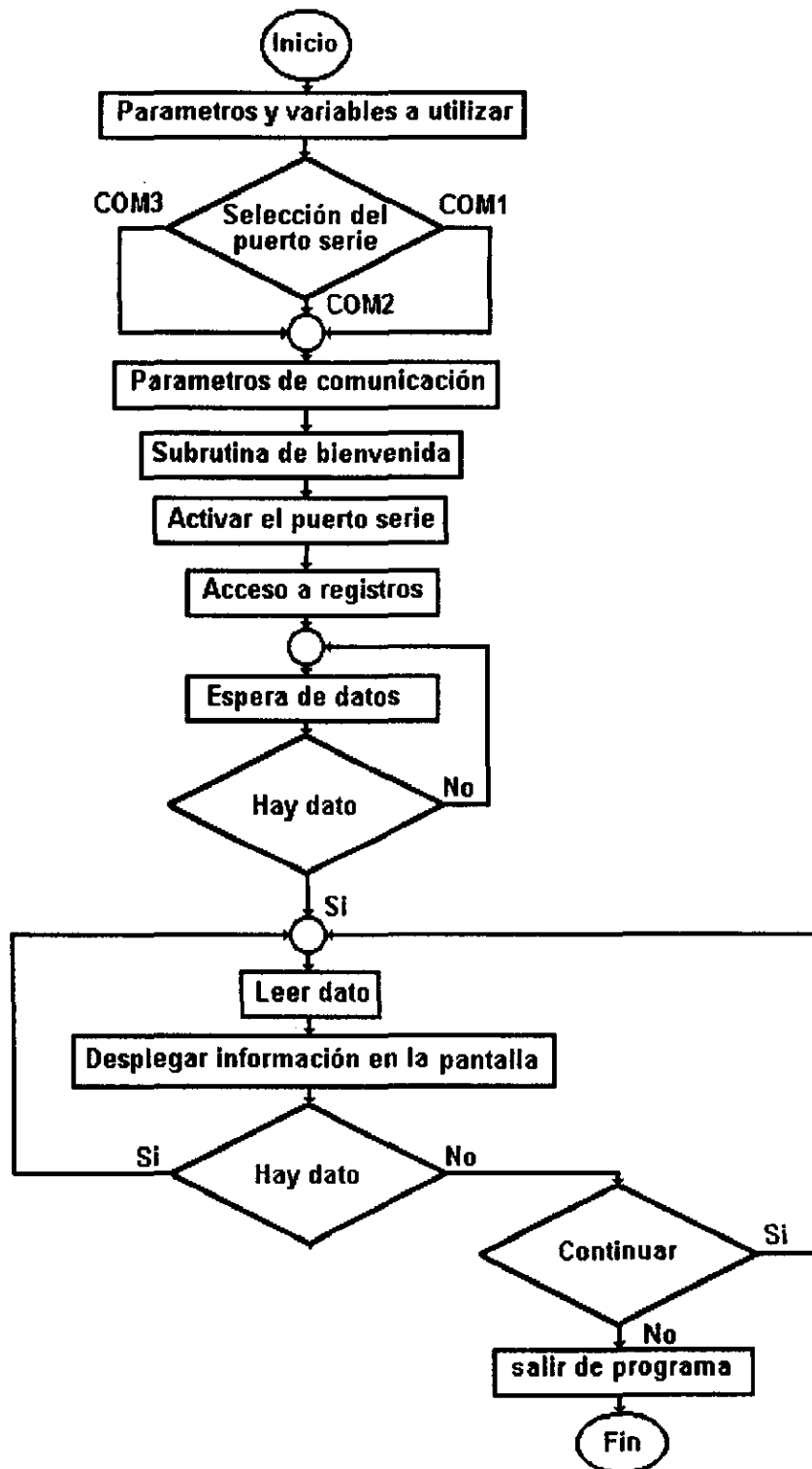


Figura 3.5.3.1.2.1 Diagrama de flujo general para implementar el programa

3.5.3.1.3 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

Debido al uso de la PC en el desarrollo del proyecto se contempla la necesidad de utilizar un lenguaje de programación, el cual tenga la capacidad de proporcionar todos los elementos necesarios para el proyecto. El lenguaje deberá ser capaz de establecer comunicación vía puerto serial, además de facilitar el diseño de una pantalla de comunicación con el usuario para desarrollar algunas simulaciones antes de implementar el circuito. Para lograr lo anterior se tienen varios lenguajes tales como: Pascal, C, Basic, Visual Basic, C++, etc..

Un aspecto importante para considerar el uso de algún lenguaje de programación es la experiencia personal, así como la facilidad de proporcionar interfaces amigables al usuario sin necesidad de una programación compleja y complicada. Los lenguajes descritos anteriormente permiten el acceso al puerto serie de la computadora. Pero la selección del lenguaje fue principalmente por la experiencia personal, además que la necesidad del proyecto no requiere de algún lenguaje en especial. El lenguaje que se utilizara para programar es el C. No obstante, hay varias razones por las cuales muchos profesionales de la computación dicen que el lenguaje C se encuentra a la cabeza de la lista:

- C es un lenguaje poderoso y flexible, se usa para proyectos tan diversos como sistemas operativos, procesadores de palabras, gráficos, hojas de cálculo y hasta compiladores para otros lenguajes.
- C es un lenguaje común, preferido por los programadores profesionales.
- C es un lenguaje transportable, esto significa que un programa en C escrito para un sistema de computadora puede ser compilado y ejecutado en otro sistema con pocas o ninguna modificación.

- C es un lenguaje de pocas palabras, que contienen solamente unos cuantos términos llamados palabras claves que son la base sobre la que está construída la funcionalidad del lenguaje. [Aitken]

Como muestran estas características, el lenguaje C es una alternativa adecuada para nuestros propósitos de programación. A continuación se describe los comandos necesarios que se utilizaran para realizar la comunicación serial:

Librería para inicializar el puerto serie.

`_BIOS_SERIALCOM`
`BIOS COM`

Librería para especificar la operación de entrada y salida de datos.

`_COM_INT`
`_COM_STATUS`
`_COM_SEND`
`_COM_RECIEVE`

El listado del programa se encuentra en los ANEXOS, y para observar la ejecución del programa se muestra en el capítulo de PRUEBAS. Donde además se tiene en conjunto los instrumentos o herramientas que se utilizaron en el desarrollo de todo el proyecto.

3.5.4 RESUMEN DEL CAPITULO

Para el desarrollo del sistema fue fundamental utilizar el proceso que requiere un sistema de comunicación es decir, el diseño del transmisor (sistema), selección de la línea de transmisión y diseño del receptor (interfaz y computadora). El desarrollo del sistema consistió en codificar las señales de los ventiladores del tal

forma de ser interpretada por la computadora, para esto fue necesario investigar el protocolo de comunicación, la mejor opción de dispositivos disponibles para la implementación del proyecto y un lenguaje óptimo para el monitoreo de los ventiladores.

Para la implementación se siguió un orden, empezando por la selección de datos, el bit de inicio y fin, el bit de paridad, reloj del sistema y transferencia de datos. Para la selección de la línea de transmisión fue necesario tomar como base los requerimientos del STC, donde el óptimo para el proyecto fue el par telefónico principalmente se eligió por su costo. Para la interfaz del sistema hacia la computadora se utilizó el estándar de comunicación RS-232C, para su implementación seleccionamos el chip MAX232. Por último el lenguaje de programación para realizar la rutina de lectura y monitoreo de los estados de ventiladores fue el "C".

4

PRUEBAS Y RESULTADOS

4 PRUEBAS Y RESULTADOS

Para alcanzar los objetivos planeados al inicio del presente trabajo se desarrollaron diferentes etapas. En la primera etapa se realizó una investigación de los diferentes conceptos y herramientas que se utilizarían en el proyecto, en dicha investigación se logró recabar la información necesaria para el proyecto. La segunda etapa consistió en el desarrollo del sistema, donde se involucró la selección adecuada de los dispositivos a utilizar, la mejor selección del método para el análisis, y además la implementación de la interfaz. La tercera etapa fue el desarrollo del software.

En el presente capítulo mostraremos los resultados de pruebas, que se obtuvieron durante la puesta en marcha del sistema en el laboratorio, donde es importante conocer los módulos del proyecto los cuales son: Fuente de alimentación, Sistema, Interfaz y PC. En dichas pruebas se analizó y se comprobó el funcionamiento del sistema para cumplir con lo establecido en un principio.

Los módulos que conforman al proyecto se conectaron de la siguiente forma:

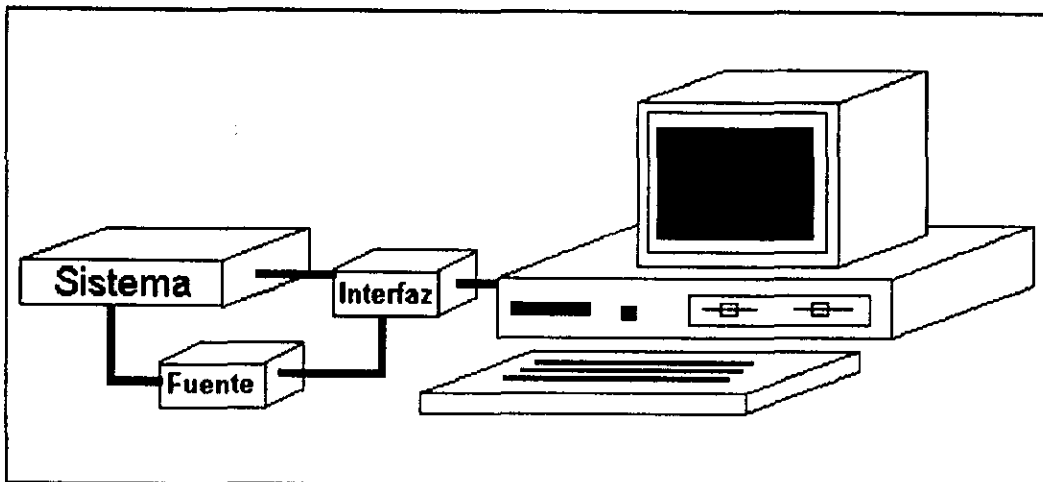


Figura 4.1 Módulos del proyecto

4.1 PRUEBA PARA LA SELECCIÓN DE DATOS

Para esta prueba se utilizó el osciloscopio, la fuente de alimentación y el generador de funciones, en esta etapa no importa la velocidad de transmisión porque únicamente necesitamos observar en el osciloscopio, el bit de inicio y parada, los datos de los ventiladores, y el bit de paridad. Se conectaron los instrumentos al sistema de la siguiente forma:

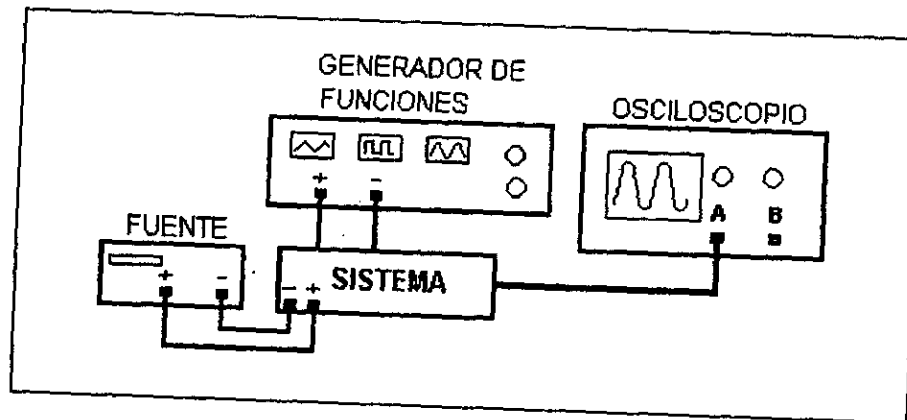


Figura 4.1.1 Prueba para observar los datos

Para que el sistema lea los datos, se realiza una simulación de la señal de los ventiladores, para esto se recurrió a realizar un arreglo de resistencias conectadas a un micro-interruptor, donde al mover cualquier interruptor a V_{cc} indicamos que un ventilador inicia su funcionamiento, en caso inverso al mover el interruptor hacia tierra se indica que un ventilador dejó de funcionar. En la figura 4.1.2 se muestra la forma de obtener las señales simuladas de los ventiladores.

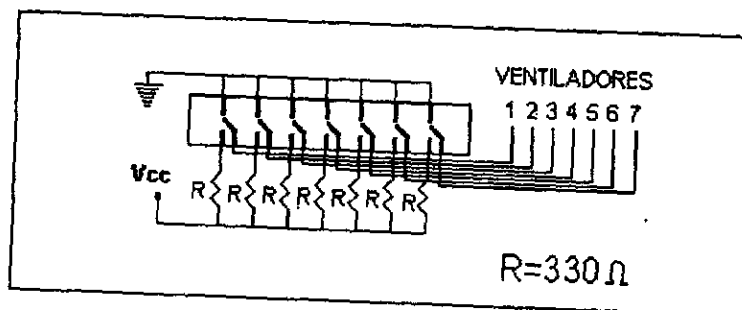


Figura 4.1.2 Circuito para simulación de señal de datos

La señal a observar en el osciloscopio, suponiendo que la señal de los ventiladores son:

- V1 = encendido = 1
- V2 = encendido = 1
- V3 = encendido = 1
- V4 = encendido = 1
- V5 = encendido = 1
- V6 = encendido = 1
- V7 = encendido = 1

Los datos seriales se tiene de la siguiente forma: bit inicio=0, bits de datos=1111111, paridad=1, bit de parada=1, y los bits de espera de datos, para realizar una nueva lectura . La señal a observar es la que se muestra en la siguiente figura:

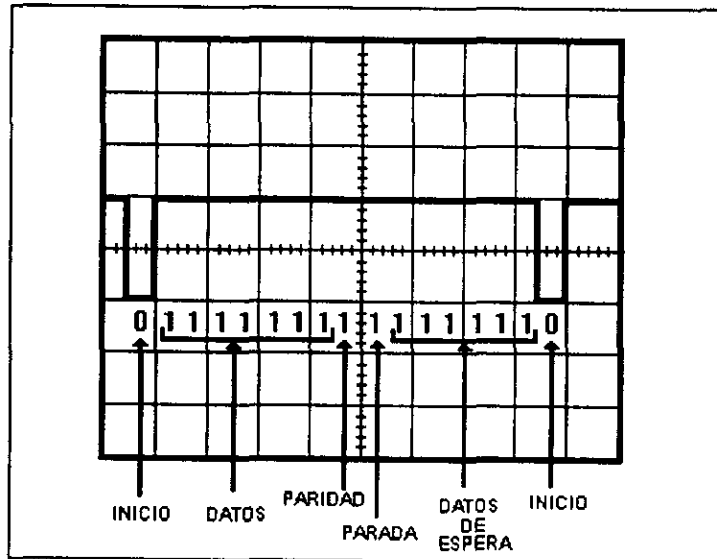


Figura 4.1.3 Señal de datos en el Osciloscopio

4.2 PRUEBA DEL RELOJ DEL SISTEMA

Para esta prueba se utilizó el osciloscopio y la fuente de alimentación. La cual consiste en verificar la velocidad de transmisión o señal de reloj, que es de 9600 bps. Esta velocidad de transmisión es de gran relevancia para sincronizar al

sistema con el UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) de la PC. El diagrama del *circuito reloj* se muestra a continuación:

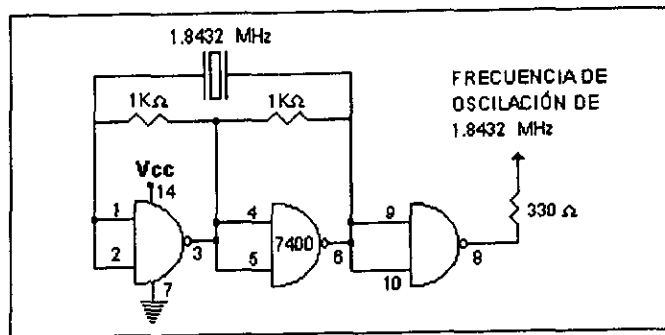


Figura 4.2.1 Circuito de oscilación de 1.8432 MHz

Para obtener la velocidad de transmisión de 9600 bps se requirió dividir la frecuencia de 1.8432 Mhz en 192. Para observar la señal, los instrumentos se conectaron como se muestra en la figura siguiente:

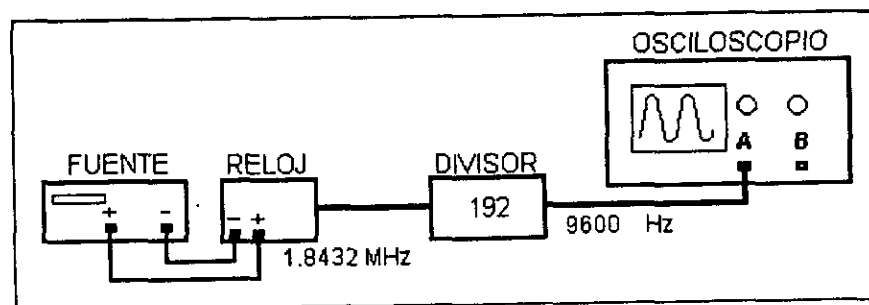


Figura 4.2.2 Prueba para señal de reloj del sistema

4.3 PRUEBA PARA INTERFAZ

Es una de las pruebas de mayor relevancia, y donde tuvimos que implementar algunos elementos para obtener la señal adecuada para la PC. A continuación se observará la forma de *conectar la interfaz* con los instrumentos:

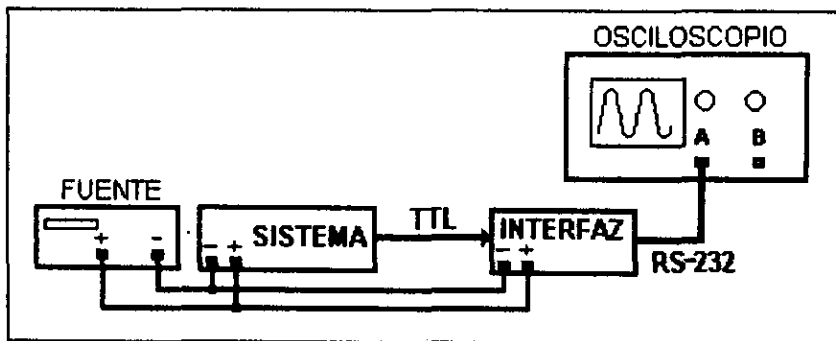


Figura 4.3.1 Prueba para señal de Interfaz del sistema

En esta etapa los problemas que se presentaron fueron al obtener la señal de TTL, ya que esta señal no estaba en el intervalo para el MAX232, el voltaje de salida del sistema estaba por debajo de lo que requiere el MAX232, por lo que se requirió implementar algunos inversores en base a un transistor y una resistencia, también se utilizaron inversores Schmitt Trigger, los cuales se observan en el diagrama general del sistema.

Para la interfaz verificamos las tres líneas necesarias para establecer nuestra comunicación, que son señal de tierra, señal de transmisión y señal de recepción, donde para realizar la prueba se utilizó la señal del primer ejemplo (todos los ventiladores están encendidos).

0	1111111	1	1
inicio	datos	paridad	stop

La señal esperada es la misma de la figura 4.1.3, pero invertida y de mayor amplitud, esto porque la señal de RS-232 requiere de un voltaje de +12V y -12v. Aunque en realidad la lectura que obtuvimos fue de +9V y -9V este voltaje es válido ya que se encuentra en el intervalo de voltaje de la interfaz RS-232. La figura siguiente muestra la señal obtenida:

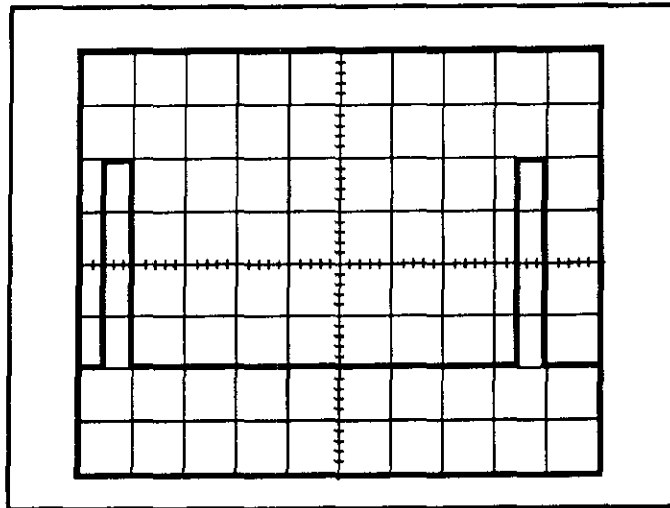


Figura 4.3.2 Señal de salida de la interfaz

4.4 PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

Esta etapa consiste en verificar la ejecución del programa, el cual deberá leer los datos del sistema y desplegar los estados de los ventiladores en el monitor. Es importante mencionar que Borlandc C es capaz de generar un archivo portable, es decir, que en cualquier PC que contenga un puerto serie el programa podrá ser ejecutado.

Para la puesta en marcha iniciaremos con el encendido de la computadora, posteriormente encenderemos al sistema con el interruptor que se encuentra en la fuente de voltaje. Para esta prueba se conectará el equipo para observar el comportamiento del sistema tanto en el monitor como en el osciloscopio.

La dificultad que se presentó en la prueba fue la lectura incorrecta de datos, la cual se resolvió modificando algunos parámetros del programa. La figura siguiente muestra la conexión real del sistema:



Figura 4.4.1 Conexión real del sistema

4.4.1 EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

Para tener acceso al programa no es necesario entrar a Borland C, únicamente para ejecutar al programa es escribir MDA (Monitoreo y Detección de Alarmas), como se muestra a continuación. **C : \ > MDA**

Una vez introducido el nombre del programa la ventana que aparece es la que se muestra a continuación:

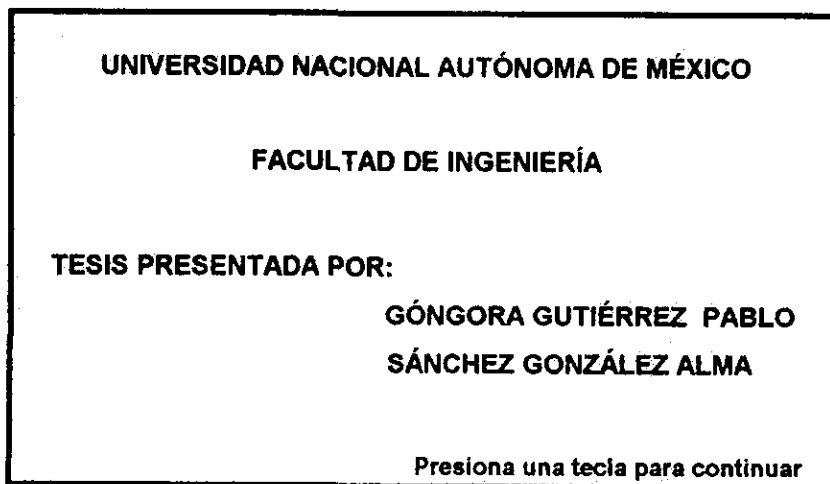


Figura 4.4.1.1 presentación del programa

Al presionar cualquier tecla el mensaje que aparece es el de bienvenida como se muestra a continuación :

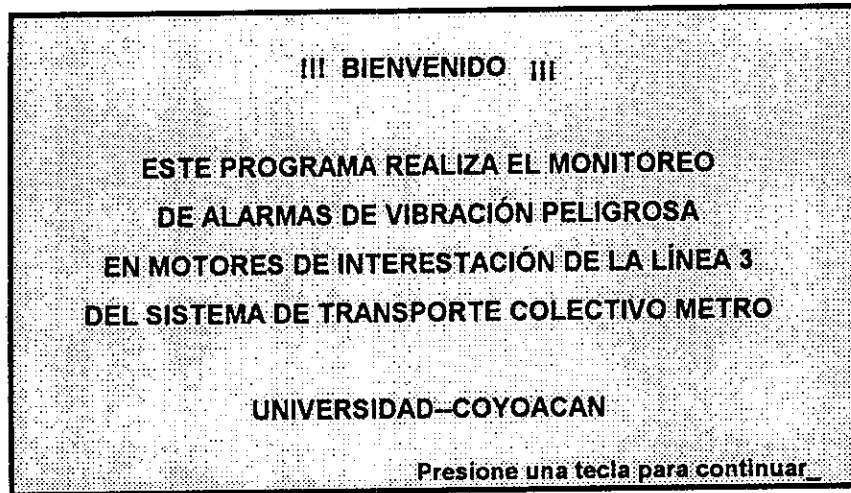


Figura 4.4.1.2 presentación del programa

Por último aparecen los estados de los ventiladores y el lugar donde se encuentran cada ventilador como se muestra, además se indica la forma de iniciar una nueva lectura de datos y para salir del programa:



Figura 4.4.1.3 Presentación de estados de ventiladores

Referente a errores en lectura de datos, podemos decir que es poco probable tenerlos, porque se tiene la ventaja de que los datos no son muchos (128 datos) y además los estados de los ventiladores no cambian continuamente. Pero si existiera duda en lectura de datos, simplemente es pulsar una tecla cuantas veces sea necesario para leer el mismo dato o simplemente volver a ejecutar el programa.

para concluir mencionaremos la importancia de seguir un orden en todo proyecto o trabajo que se realice, porque nos garantiza el éxito en el mismo. El orden de las pruebas que se realizaron, fue en base al orden de construcción del proyecto.

Para finalizar el presente capítulo y con base a los pruebas y resultados obtenidos podemos concluir que, se cumplió con el objetivo del proyecto, es decir monitorear las alarmas de los motores (ventiladores extractores) del tramo de línea tres que es de UNIVERSIDAD a COYOACAN.

4.5 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

Las características ambientales de las interestaciones del STC METRO son reguladas por normas para ferrocarriles franceses.¹

La generación de calor en las interestaciones es debido a la transformación de energía eléctrica en energía térmica producida por los motores de tracción durante el frenado reostático (consiste en hacer trabajar los motores como generadores y disipar la energía en reóstatos situados en la parte baja de los trenes) así como el calor generado por el alumbrado y por el funcionamiento de todos los equipos electromecánicos y electrónicos distribuidos a lo largo de la interestación, el calor disipado y generado por los trenes, la radiación solar transmitida a la estructura del túnel que aumentan en las horas de mayor afluencia de gente y disminuyen a lo largo del día. Un estudio aproximado determina que el calor total generado es de $Q = 422,521 \text{ k cal/ hr-tramo}^2$

La temperatura promedio es de 25 ° C y la humedad relativa es del 40 %, esto se logra mediante el empleo de la ventilación mecánica.

Las fuentes que alteran las condiciones de confort son:

Condiciones de temperatura y humedad exterior

Humedad por filtración pluvial

El ruido no sobrepasa a 89 db aún dentro de los trenes, esto para no afectar la capacidad auditiva recomendada por American Public Transit Association (APTA).³

¹Unión Internacional de transportes públicos (UIPT)

² Estudio realizado por Bombardier en 1969

³Datos Técnicos del STC en 1969

5

CONCLUSIONES

Y

COMENTARIOS

5 CONCLUSIONES

En todo diseño el objetivo principal es ofrecer al usuario una forma fácil de manejar el sistema por medio de un programa de control amigable, en donde el mismo programa lleve al usuario de manera sencilla al manejo del mismo. En el caso de este proyecto, el personal encargado de los equipos de ventilación de interestación del STC(METRO) necesitará únicamente conocimientos básicos sobre el manejo de la PC.

Una alternativa para el diseño del sistema de monitoreo es utilizar un microcontrolador externo a la computadora, sin embargo, para el desarrollo del proyecto únicamente se contemplaban utilizar pocos elementos del microcontrolador, lo que ocasionaba que el microcontrolador resultara con un costo mayor para el proyecto. Por lo que se decidió utilizar el microprocesador de la computadora y auxiliarse del puerto serie para realizar la comunicación de nuestro sistema digital externo.

Con las ventajas que ofrece la tecnología digital se implementó la comunicación serie asíncrona logrando el desarrollar un puerto serie discreto y parte del protocolo lo que hace que este sistema se estandarice y se pueda ocupar en cualquier sistema que transporte información digital a una computadora. El sistema sólo recibe información, pero con algunas modificaciones al programa y al hardware también podría transmitir información.

En este trabajo se muestra que no es necesario contar con circuitos integrados programables para desarrollar un puerto serie o un protocolo de comunicación

A futuro se puede aumentar el uso de este diseño en particular por medio de rutinas que monitoreen varios estados de ventiladores. En la línea 7, por ejemplo, se tienen 31 ventiladores en interestación por lo que se necesitarían cinco rutinas de lectura para hacer el barrido de toda la línea.

El diseño presentado utilizó el método de poleo en el cual destina mucho tiempo de CPU, el usuario tiene que pulsar una tecla para leer un dato mientras la CPU realiza el protocolo de comunicación.

Una mejora en el proyecto es la implementación de un control por medio de interrupciones, en donde los dispositivos indicarán al CPU que ha ocurrido algún evento como cuando un ventilador dejó de funcionar en alguna interestación y a que vía corresponde, en este caso la PC no funcionaría como esclava.

La transportación de la información tenía varias alternativas de solución con sus respectivas ventajas y desventajas, una de ellas es la transmisión por medio de las vías :

Este sistema no se realizó por la limitación de departamentos que pueden transportar señales por este medio y que se involucran directamente con la existencia de alimentación en vías como Mando Centralizado y Telecomunicaciones. Este método ofrece la ventaja de que no se necesita instalar cable, pero el repetidor de la señal involucra el costo aunado con un módem para transmitir la señal y que no se mezcle con otra, también se debe tomar en cuenta que este sistema necesita acopladores de impedancia y seguidores de zona¹. La desventaja principal es que el trabajar con la vías como medio de transmisión implica manejar 750 volts de corriente directa lo cual es muy riesgoso.

¹ Son equipos que se utilizan en donde existe cambio de vías o que acaba una sección de vías como en talleres.

El uso de fibra óptica es recomendable, pero la fibra óptica instalada, tiene un propósito específico y se necesitaría instalar una fibra óptica sólo para nuestro proyecto lo que implica que su uso es muy limitado para sólo 7 señales a transmitir.

Si la señal se manejara por medio de cable eléctrico y la señal se mantuviera en el nivel de voltaje de salida (65 volts de AC) tendría como principal desventaja el costo del cable por el calibre y además esta señal ocasionaría interferencia sobre las otras señales que se transportan en las charolas de vías, el espacio ocupado sería mayor y el peso del conjunto de estas señales sería mayor.

Finalmente se decidió transportar por medio de un par telefónico ahorrando costos y al añadirse un fleje o recubrimiento de aluminio se limita el ruido o interferencia de la interestación.

6

BIBLIOGRAFÍA

6 BIBLIOGRAFIA

Las abreviaciones que se encuentran al inicio de cada bibliografía, es por comodidad para referirse de alguna nota o ecuación que se halla tomado de la bibliografía consultada.

[JFRR] BALCELLS, J., DAURA, F., ESPARZA, R., PALLAS, R., Interferencia Electromagnética en Sistemas Electrónico, Serie Mundo Electrónico, Alfaomega Marcombo, 1992.

[EDLC9] Enciclopedia De Las Ciencias , tomo 9. ed., Cumbre, S.A. pag 260-265.

[MARTÍN] MARTÍN, J., Telecommunications and the Computer, 2a. ed., Prentice-Hall, 1976.

[SCH] SCHWARTZ, M., Transmisión de Información, Modulación y Ruido, 3a. ed., McGraw-Hill, 1990.

[Mc] McCLIMANS, F.J., Communications Wiring and Interconnection, McGraw-Hill, 1980.

[McK] McKAY, L.R., What Every Engineer Should Know About Electronic communications Systems, Marcel Dekker, Wc New York and Basel, 1989.

[SCHRJ] SCHOENBECK,R.J., Electronic Communications Modulation and Transmission, 2a. edición.,1992.

[LATHI] LATHI, B.P., Sistemas de Comunicación, McGraw-Hill, 1986, 1a. ed. en Español.

[STREM] STREMLER, F.G., Sistemas de Comunicación, 2a. de., Ediciones Alfaomega, S.A de C.V., 1989.

[CARLSON] CARLSON, B., Sistemas de Comunicación, McGraw-Hill,

[STANLEY] STANLEY, W., Guía para Medicines Electrónicas y Practicas de Laboratorio, Prentice-Hall Hispanoamérica, S.A., 1990, 1a. ed. en Español.

[TOCCI] TOCCI, R. J., Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones, tercera edición, Prentice Hall, 1991.

[BOYLE] BOYLESTAD, R., NASHESKY, L., Electrónica teoría de circuitos, cuarta edición, Prentice Hall, 1990.

[C++] JOYANES, L., Microsoft C/C++ 7 Manual de Bolsillo, McGraw-Hill de Informática, 1994.

[C-21] AITKEN, P., JONES, B., Aprendiendo C En 21 Días, Edición Bestseller, Prentice Hall, 1994.

[INTR-C] KELLEY / POHL, Lenguaje C Introducción a la Programación, Addison-wesley, 1987.

[PC] MICHAEL TISCHER. PC Interno Programación del Sistema 2.0, Editorial Marcombo S.A. 1995.

[COMP] NELSON, H., Cultura de Computación y Ms-Dos, 1a. edición México D.F. 1992.

[BAU 93] BAUMEISTER THEODORE, AVALLONE EUGENE, BAUMEISTER THEODORE III, MARKS, Manual del Ingeniero Mecánico, ed. Mc GRAW HILL, 2a Edición en Español, Tomo III, Páginas 14-50 a 14-51 .

[ROS 88] ROSALER ROBERTO, JAMES P.E., Manual de Mantenimiento Industrial, Editorial Mc GRAW HILL, 1a Edición 1988, Tomo II, páginas 20-25

[CAR 88] CARNICER ROYO ENRIQUE, Ventilación Industrial, Editorial Diana, 1a Edición 1980, páginas 33-39.

[BUR 79] BURGESS H. JENNINGS, TRAD. GARZA CARDENAS, Aire Acondicionado y Refrigeración, Editorial Continental, 8a Impresión, 1979, Páginas 506,509, 513,517.

[OSB 70] OSBORNE W. C. , TURNER C.G. , Guía Práctica de la Ventilación, Editorial Blume, 1a Edición, 1970.

7

ANEXOS

```
// PROGRAMA PARA REALIZAR COMUNICACIÓN SERIAL HACIA EL  
PUERTO SERIE DE LA COMPUTADORA
```

```
// PARÁMETROS DE LIBRERÍA Y VARIABLES A UTILIZAR
```

```
# include <stdio.h>  
# include <dos.h>  
# include <math.h>  
# include <iostream.h>  
# include <conio.h>  
# include <dir.h>  
# include <graphics.h>  
# include <signal.h>  
# define COM2 1  
#define COM1 2  
# define _DATA_READY 0x100  
# define TRUE 1  
# define FALSE 0  
# define SETTINGS  
(_COM_9600[_COM_CHR7[_COM_STOP1[_COM_EVENPARITY_])
```

```
// INICIO DEL PROGRAMA
```

```
// RUTINA DE BIENVENIDA
```

```
int main(void)  
{ clrscr();  
textcolor(3);  
gotoxy (4,5);  
cprintf ("UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO");  
gotoxy(16,8);  
cprintf(" FACULTAD DE INGENIERÍA");  
gotoxy(4,15);  
cprintf(" TESIS QUE PRESENTA :");  
gotoxy(43,18);  
cprintf(" GÓNGORA GUTIÉRREZ PABLO");  
gotoxy(43,20);  
cprintf(" SÁNCHEZ GONZÁLEZ ALMA");  
gotoxy(42,35);
```



```

textcolor(2);
cprintf("Presiona una tecla para continuar");
getch();
clrscr();
textcolor(2);
gotoxy(27,23);
cprintf("          III BIENVENIDO!!!          ");
gotoxy(8,18);
cprintf(" ESTE PROGRAMA REALIZA EL
        MONITOREO          ");
gotoxy(9,11);
cprintf(" DE ALARMAS DE VIBRACIÓN PELIGROSA
        ");
gotoxy(3,14);
cprintf(" EN MOTORES DE INTERESTACIÓN DE
        LA LÍNEA 3 ");
gotoxy(2,17);
cprintf(" DEL SISTEMA DE TRANSPORTE
        COLECTIVO METRO ");
gotoxy(22,22);
cprintf(" COYOACAN - UNIVERSIDAD");
gotoxy(42,25);
textcolor(2);
cprintf("Presiona una tecla para continuar");
getch(1);

```

// PROGRAMA PRINCIPAL

// PROTOCOLO DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN

```

unsigned in,out,status;
_bios_serialcom == (_COM_INIT_,COM1,SETTINGS_);
cprintf("  _BIOS_SERIALCOM2_ [ESC] to exit...\r\n");

                // PARA REGRESAR AL PROGRAMA
for(;;)
{
    clrscr(); // LIMPIAR PANTALLA

                // RUTINA PARA LEER DATO EL PUERTO SERIE

```

```

status==_bios_serialcom(_COM_STATUS_,COM2,1);
{
    cprintf("\r\n PRESIONA UNA TECLA PARA LEER UN DATO ");

    if(status&DATA_READY_)
    if((out=_bios_serialcom(_COM_RECEIVE_,COM2,1)&0x7f)!=1)
    cprintf("dato es %d",in);

// INICIO DE SUBROUTINA PARA DESGLOSAR CADA MOTOR

    {
        int a,d;
        double c;
        clrscr();
        inicio;;
        int n=1;suma=0;
        int t;
        int sn;

        // CONVERSIÓN UN NUMERO DECIMAL A BINARIO

        textcolor(7);
        textbackground(1);
        a=out;
        gotoxy(18,3);
        cprintf(" INTERESTACIÓN ");
        gotoxy(18,4);

cprintf("=====");

        while (n<=7)
        {
            c=(a%2);
            t=c;
            gotoxy(25,n+2);
            cprintf(" \n\nVENTILADOR %d %d %d ",n,t);
            if (t==1)
            cprintf(" FUNCIONA");
            else {
                cprintf(" NO FUNCIONA");
            }
            a=(a/2*2);
            if (a==0)

```

```

        suma+=n;
        ++n;
    }

    gotoxy(18,13);

    cprintf("=====");

    gotoxy(3,18);
    cprintf("NOTA: Ventilador 1 y 2 se encuentran de COYOACAN a
            VIVEROS");
    gotoxy(9,19);
    cprintf(" Ventilador 3 y 4 se encuentran de VIVEROS a MAQ");
    gotoxy(9,20);
    cprintf(" Ventilador 5 y 6 se encuentran de MAQ a COPILCO");
    gotoxy(9,21);
    cprintf(" Ventilador 7 se encuentra de COPILCO a UNIVERSIDAD");
    gotoxy(11,24);
    textcolor(2);
    cprintf( "\n Presiona una tecla para verificar el estado de los
            ventiladores " );
    gotoxy(11,25);
    cprintf( "\n Presiona ESC para salir del programa");
    sound(400);
    delay(800);
    nosound(490);
    }
while(!kbhit());
    }
    {
        if((in=getch())=='\x1B') //
            break;
        _bios_serialcom(_COM_SEND_,COM2,in);
    }
}
return 0; // FIN DEL PROGRAMA

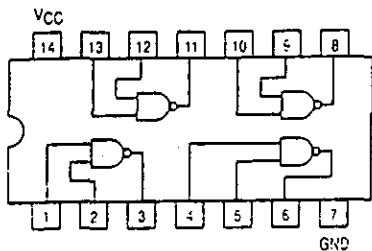
}

```



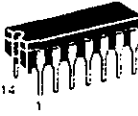

QUAD 2-INPUT NAND GATE

• ESD > 3500 Volts

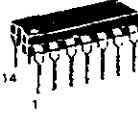


SN54/74LS00


**QUAD 2-INPUT NAND GATE
LOW POWER SCHOTTKY**



**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08**



**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06**



**D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02**

ORDERING INFORMATION

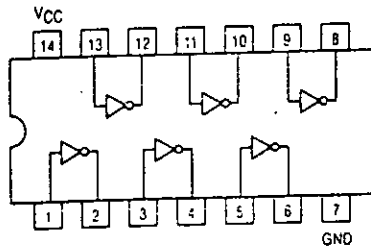
SN54LSXXJ	Ceramic
SN74LSXXN	Plastic
SN74LSXXD	SOIC

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
VCC	Supply Voltage	54	4.5	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.0	5.25	
TA	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
I _{OH}	Output Current — High	54 74			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54			4.0	mA
		74			8.0	



HEX INVERTER



SN54/74LS04

**HEX INVERTER
LOW POWER SCHOTTKY**



**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08**



**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06**



**D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02**

ORDERING INFORMATION

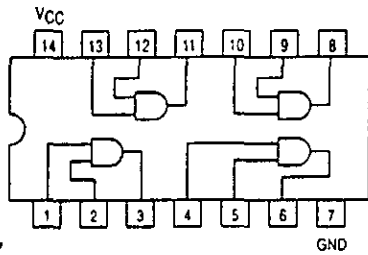
SN54LSXXJ Ceramic
SN74LSXXN Plastic
SN74LSXXD SOIC

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
VCC	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
TA	Operating Ambient Temperature Range	54 74	-55 0	25 25	125 70	°C
IOH	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
IOL	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA




QUAD 2-INPUT AND GATE

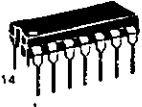


SN54/74LS08


**QUAD 2-INPUT AND GATE
LOW POWER SCHOTTKY**



**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08**



**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06**



**D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02**

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXJ	Ceramic
SN74LSXXN	Plastic
SN74LSXXD	SOIC

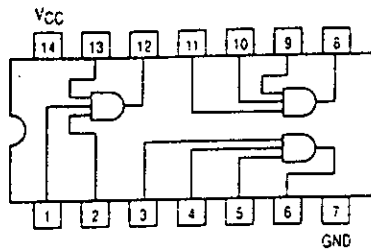
GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
VCC	Supply Voltage	54	4.5	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.0	5.25	
TA	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
IOH	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
IOL	Output Current — Low	54			4.0	mA
		74			8.0	



MOTOROLA

TRIPLE 3-INPUT AND GATE

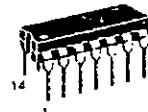


SN54/74LS11

**TRIPLE 3-INPUT AND GATE
LOW POWER SCHOTTKY**



**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08**



**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06**



**D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02**

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXJ Ceramic
SN74LSXXN Plastic
SN74LSXXD SOIC

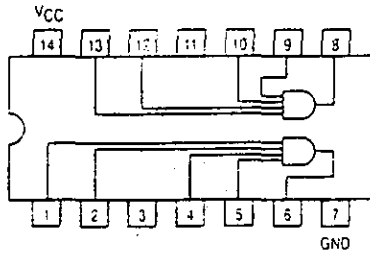
GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
VCC	Supply Voltage	54	4.5	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.0	5.25	
TA	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
IOH	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
IOL	Output Current — Low	54			4.0	mA
		74			8.0	



MOTOROLA

DUAL 4-INPUT AND GATE

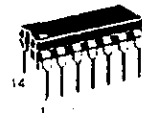


SN54/74LS21

DUAL 4-INPUT AND GATE
LOW POWER SCHOTTKY



J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-06



N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06



D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02

ORDERING INFORMATION

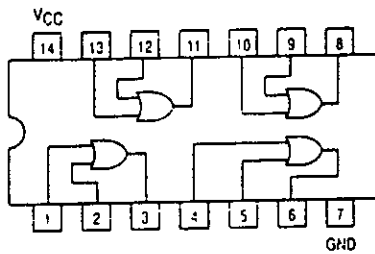
SN54LSXXJ	Ceramic
SN74LSXXN	Plastic
SN74LSXXD	SOIC

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
VCC	Supply Voltage	54 74	-5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	-55 0	25 25	125 70	°C
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA



QUAD 2-INPUT OR GATE



SN54/74LS32

**QUAD 2-INPUT OR GATE
LOW POWER SCHOTTKY**



**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 532-08**



**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06**



**D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02**

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXJ Ceramic
SN74LSXXN Plastic
SN74LSXXD SOIC

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	54	-1.5	5.0	5.5	V
		74	-1.75	5.0	5.25	
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54			1.0	mA
		74			3.0	

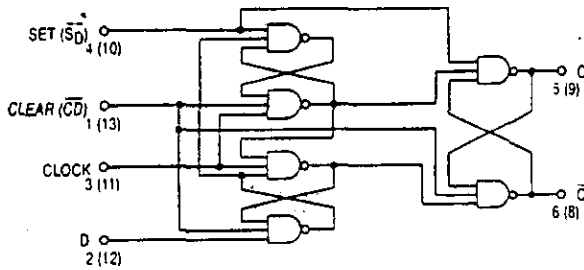


DUAL D-TYPE POSITIVE EDGE-TRIGGERED FLIP-FLOP

The SN54/74LS74A dual edge-triggered flip-flop utilizes Schottky TTL circuitry to produce high speed D-type flip-flops. Each flip-flop has individual clear and set inputs, and also complementary Q and \bar{Q} outputs.

Information at input D is transferred to the Q output on the positive-going edge of the clock pulse. Clock triggering occurs at a voltage level of the clock pulse and is not directly related to the transition time of the positive-going pulse. When the clock input is at either the HIGH or the LOW level, the D input signal has no effect.

LOGIC DIAGRAM (Each Flip-Flop)



MODE SELECT — TRUTH TABLE

OPERATING MODE	INPUTS			OUTPUTS	
	\bar{S}_D	\bar{C}_D	D	Q	\bar{Q}
Set	L	H	X	H	L
Reset (Clear)	H	L	X	L	H
Undetermined	L	L	X	H	H
Load "1" (Set)	H	H	h	H	L
Load "0" (Reset)	H	H	l	L	H

* Both outputs will be HIGH while both \bar{S}_D and \bar{C}_D are LOW, but the output states are unpredictable if \bar{S}_D and \bar{C}_D go HIGH simultaneously. If the levels at the set and clear are near V_{IL} maximum then we cannot guarantee to meet the minimum level for V_{CH} .

H, h = HIGH Voltage Level

L, l = LOW Voltage Level

X = Don't Care

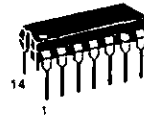
l, h (q) = Lower case letters indicate the state of the referenced input (or output) one set-up time prior to the HIGH to LOW clock transition

SN54/74LS74A

DUAL D-TYPE POSITIVE
EDGE-TRIGGERED FLIP-FLOP
LOW POWER SCHOTTKY



J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08



N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06

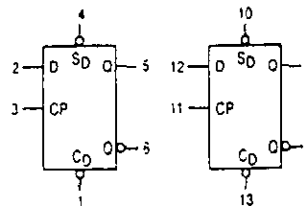


D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXJ Ceramic
SN74LSXXN Plastic
SN74LSXXD SOIC

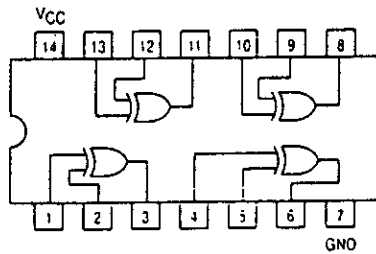
LOGIC SYMBOL



VCC = PIN 14
GND = PIN 7



QUAD 2-INPUT EXCLUSIVE OR GATE



TRUTH TABLE

IN		OUT
A	B	Z
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

SN54/74LS86

**QUAD 2-INPUT EXCLUSIVE OR GATE
LOW POWER SCHOTTKY**



**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-06**



**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06**



**D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02**

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXJ Ceramic
SN74LSXXN Plastic
SN74LSXXD SOIC

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	-55 0	25 25	125 70	°C
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA



DECADE COUNTER; DIVIDE-BY-TWELVE COUNTER; 4-BIT BINARY COUNTER

The SN54/74LS90, SN54/74LS92 and SN54/74LS93 are high-speed 4-bit ripple type counters partitioned into two sections. Each counter has a divide-by-two section and either a divide-by-five (LS90), divide-by-six (LS92) or divide-by-eight (LS93) section which are triggered by a HIGH-to-LOW transition on the clock inputs. Each section can be used separately or tied together (Q to CP) to form BCD, bi-quinary, modulo-12, or modulo-16 counters. All of the counters have a 2-input gated Master Reset (Clear), and the LS90 also has a 2-input gated Master Set (Preset 9).

- Low Power Consumption . . . Typically 45 mW
- High Count Rates . . . Typically 42 MHz
- Choice of Counting Modes . . . BCD, Bi-Quinary, Divide-by-Twelve, Binary
- Input Clamp Diodes Limit High Speed Termination Effects

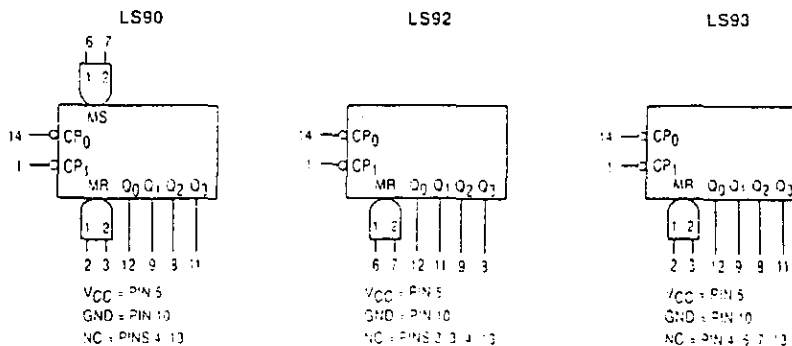
PIN NAMES

		LOADING (Note a)	
		HIGH	LOW
\overline{CP}_0	Clock (Active LOW going edge) input to -2 Section	0.5 U.L.	1.5 U.L.
\overline{CP}_1	Clock (Active LOW going edge) input to -5 Section (LS90), -6 Section (LS92)	0.5 U.L.	2.0 U.L.
\overline{CP}_1	Clock (Active LOW going edge) input to -8 Section (LS93)	0.5 U.L.	1.0 U.L.
MR ₁ , MR ₂	Master Reset (Clear) Inputs	0.5 U.L.	0.25 U.L.
MS ₁ , MS ₂	Master Set (Preset 9, LS90) Inputs	0.5 U.L.	0.25 U.L.
Q ₀	Output from -2 Section (Notes b & c)	10 U.L.	5/12.5 U.L.
Q ₁ , Q ₂ , Q ₃	Outputs from -5 (LS90), -6 (LS92), -8 (LS93) Sections (Note b)	10 U.L.	5/12.5 U.L.

NOTES

- TTL Unit Load (U.L.) = 40 μ A HIGH, 1.6 mA LOW
- The Output LOW drive factor is 2.5 U.L. for Military (54) and 5 U.L. for commercial (74) Temperature Ranges
- The Q₀ Outputs are guaranteed to drive the full fan-out plus the \overline{CP}_1 input of the device
- To insure proper operation the rise (t_r) and fall time (t_f) of the clock must be less than 100 ns

LOGIC SYMBOL

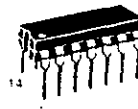


SN54/74LS90
SN54/74LS92
SN54/74LS93

DECADE COUNTER;
DIVIDE-BY-TWELVE COUNTER;
4-BIT BINARY COUNTER
LOW POWER SCHOTTKY



J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-06



N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06



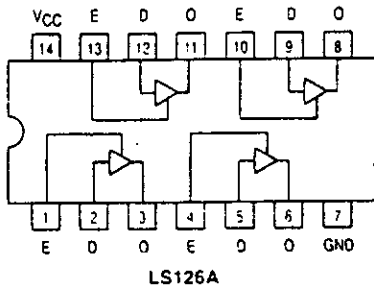
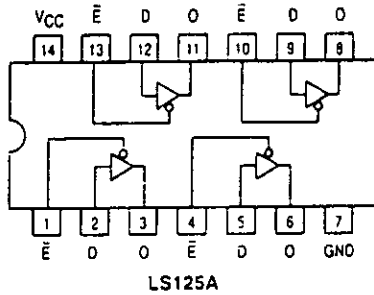
D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXJ Ceramic
SN74LSXXN Plastic
SN74LSXXD SOIC



QUAD 3-STATE BUFFERS



TRUTH TABLES

INPUTS		OUTPUT
\bar{E}	D	
L	L	L
L	H	H
H	X	{Z}

INPUTS		OUTPUT
E	D	
H	L	L
H	H	H
L	X	{Z}

L = LOW Voltage Level
H = HIGH Voltage Level
X = Don't Care
{Z} = High Impedance (off)

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
VCC	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	-55 0	25 25	125 70	°C
I _{OH}	Output Current — High	54 74			-1.0 -2.5	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54 74			1.2 24	mA

SN54/74LS125A
SN54/74LS126A

QUAD 3-STATE BUFFERS
LOW POWER SCHOTTKY



J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08



N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06



O SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXXJ Ceramic
SN74LSXXXN Plastic
SN74LSXXXD SOIC

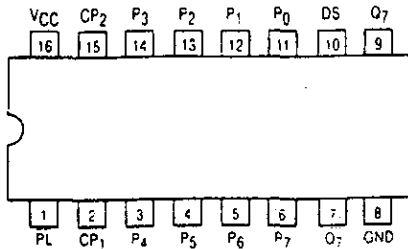


MOTOROLA

8-BIT PARALLEL-TO-SERIAL SHIFT REGISTER

The SN54/74LS165 is an 8-bit parallel load or serial-in register with complementary outputs available from the last stage. Parallel inputting occurs asynchronously when the Parallel Load (\overline{PL}) input is LOW. With \overline{PL} HIGH, serial shifting occurs on the rising edge of the clock; new data enters via the Serial Data (DS) input. The 2-input OR clock can be used to combine two independent clock sources, or one input can act as an active LOW clock enable.

CONNECTION DIAGRAM DIP (TOP VIEW)



NOTE
The Flatpak version has the same pinouts (Connection Diagram) as the Dual In-Line Package

PIN NAMES

CP₁, CP₂ Clock (LOW-to-HIGH Going Edge) Inputs
DS Serial Data Input
PL Asynchronous Parallel Load (Active LOW) Input
P₀-P₇ Parallel Data Inputs
Q₇ Serial Output from Last Stage (Note b)
Q₇ Complementary Output (Note b)

LOADING (Note a)

	HIGH	LOW
CP ₁ , CP ₂	0.5 U.L.	0.25 U.L.
DS	0.5 U.L.	0.25 U.L.
PL	1.5 U.L.	0.75 U.L.
P ₀ -P ₇	0.5 U.L.	0.25 U.L.
Q ₇	10 U.L.	5 (2.5) U.L.
Q ₇	10 U.L.	5 (2.5) U.L.

NOTES:

- a) 1 TTL Unit Load (U.L.) = 40 μ A HIGH/1.6 mA LOW
- b) The Output LOW drive factor is 2.5 U.L. for Military (54) and 5 U.L. for Commercial (74) Temperature Ranges.

TRUTH TABLE

PL	CP		CONTENTS								RESPONSE
	1	2	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	
L	X	X	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	Parallel Entry
H	L		DS	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Right Shift
H	H		Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	No Change
H		L	DS	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Right Shift
H		H	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	No Change

H = HIGH Voltage Level
L = LOW Voltage Level
X = Immaterial

SN54/74LS165

8-BIT PARALLEL-TO-SERIAL SHIFT REGISTER

LOW POWER SCHOTTKY



J SUFFIX
CERAMIC
CASE 620-09



N SUFFIX
PLASTIC
CASE 648-08

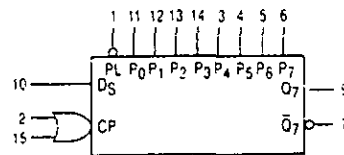


D SUFFIX
SOIC
CASE 751B-03

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXXJ Ceramic
SN74LSXXXN Plastic
SN74LSXXXD SOIC

LOGIC SYMBOL



VCC = PIN 16
GND = PIN 8

DS14C232

Low Power + 5V Powered TIA/EIA-232 Dual Driver/Receiver

General Description

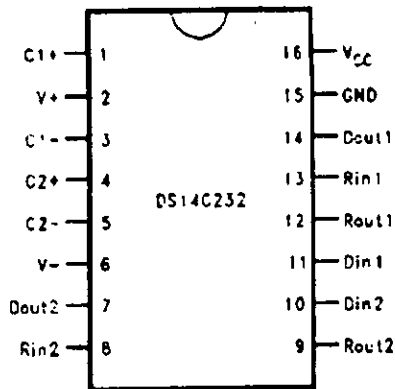
The DS14C232 is a low power dual driver/receiver featuring an onboard DC to DC converter, eliminating the need for +12V power supplies. The device only requires a +5V power supply. I_{CC} is specified at 3.0 mA maximum, making the device ideal for battery and power conscious applications. The drivers' slew rate is set internally and the receivers feature internal noise filtering, eliminating the need for external slew rate and filter capacitors. The device is designed to interface data terminal equipment (DTE) with data circuit-terminating equipment (DCE). The driver inputs and receiver outputs are TTL and CMOS compatible. DS14C232C driver outputs and receiver inputs meet TIA/EIA-232-E (RS-232) and CCITT V.28 standards.

Features

- Pin compatible with industry standard MAX232, LT1081, ICL232 and TSC232
- Single +5V power supply
- Low power— I_{CC} 3.0 mA maximum
- DS14C232C meets TIA/EIA-232-E (RS-232) and CCITT V.28 standards
- CMOS technology
- Receiver Noise Filter
- Package efficiency—2 drivers and 2 receivers
- Available in Plastic DIP, Narrow and Wide SOIC packages
- TIA/EIA-232 compatible extended temperature range options:

DS14C232T	-40°C to +85°C
DS14C232	-55°C to +125°C

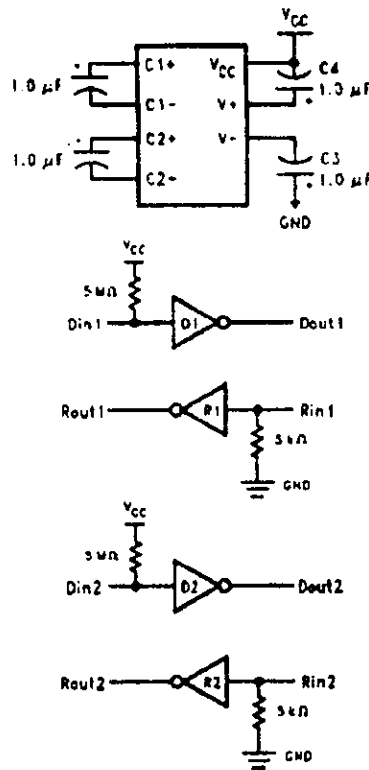
Connection Diagrams



TL/F/10744-1

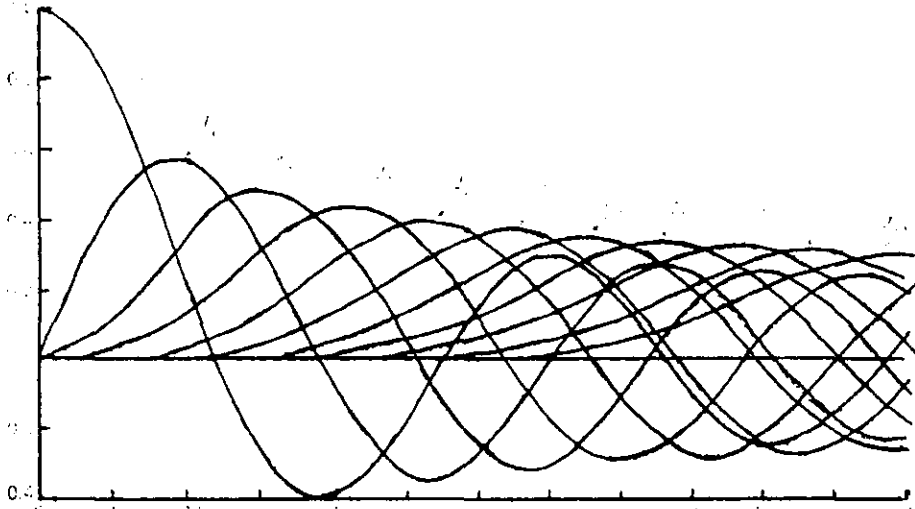
Order Number DS14C232CN, DS14C232TN,
DS14C232CM, DS14C232TM,
DS14C232CWM or DS14C232TWM
See NS Package Number N16A, M16A or M16B

Functional Diagram



TL/F/10744-2

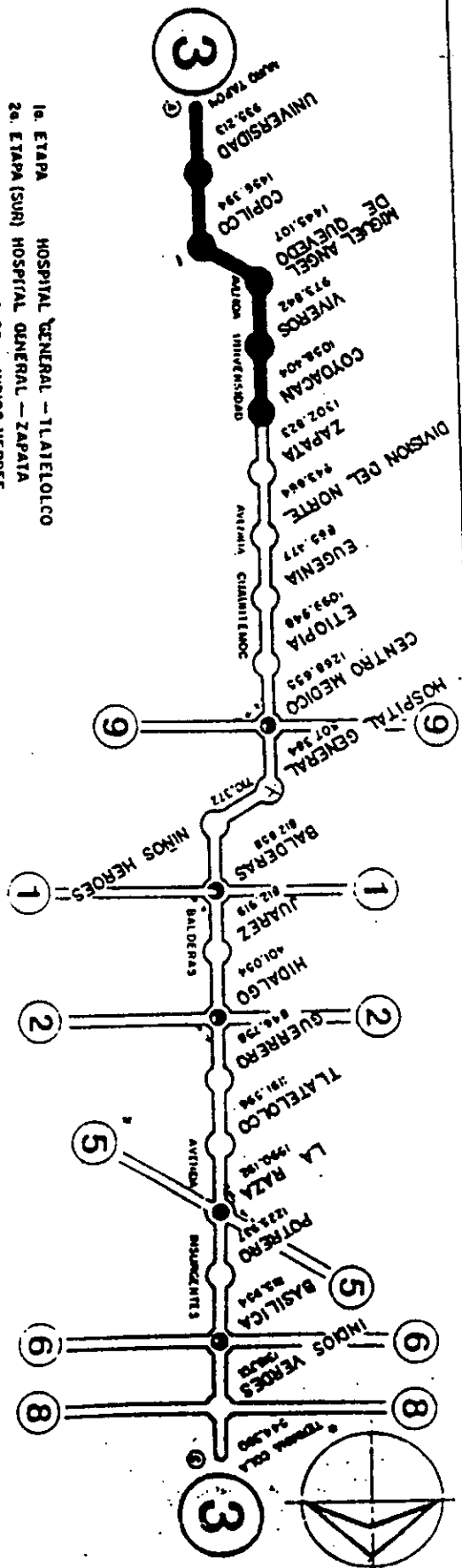
FUNCIÓN DE BESSEL



Funciones de Bessel.

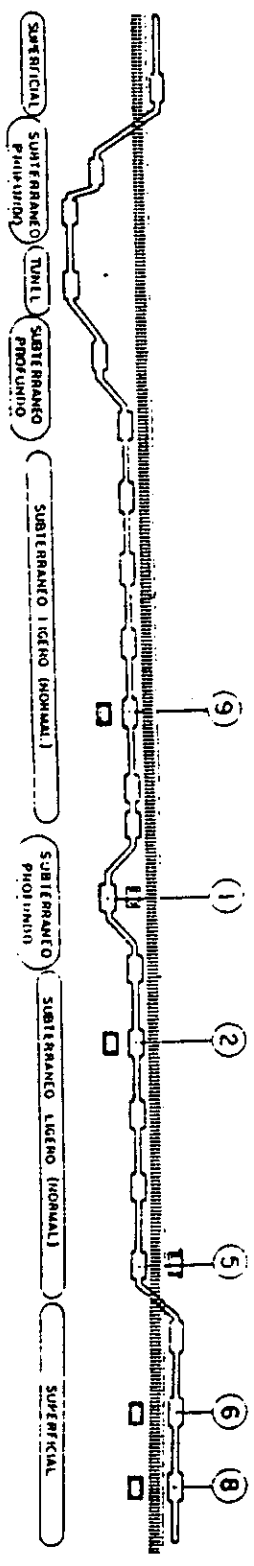
β	$J_0(\beta)$	$J_1(\beta)$	$J_2(\beta)$	$J_3(\beta)$	$J_4(\beta)$	$J_5(\beta)$	$J_6(\beta)$	$J_7(\beta)$	$J_8(\beta)$	$J_9(\beta)$	$J_{10}(\beta)$
0	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.2	0.990	0.099	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-
0.4	0.960	0.196	0.019	0.001	-	-	-	-	-	-	-
0.6	0.912	0.286	0.043	0.004	-	-	-	-	-	-	-
0.8	0.848	0.388	0.075	0.010	0.001	-	-	-	-	-	-
1.0	0.765	0.440	0.114	0.019	0.002	-	-	-	-	-	-
2.0	0.223	0.576	0.352	0.128	0.034	0.007	0.001	-	-	-	-
3.0	-0.260	0.339	0.486	0.309	0.132	0.043	0.011	0.002	-	-	-
4.0	-0.397	-0.066	0.364	0.430	0.281	0.132	0.049	0.015	0.004	-	-
5.0	-0.177	-0.327	0.046	0.364	0.391	0.261	0.131	0.053	0.018	0.005	0.001
6.0	0.150	-0.276	-0.242	0.114	0.357	0.362	0.245	0.129	0.058	0.021	0.008
7.0	0.300	-0.004	-0.301	-0.167	0.157	0.347	0.339	0.233	0.128	0.058	0.023
8.0	0.171	0.234	-0.113	-0.291	-0.105	0.185	0.337	0.320	0.223	0.126	0.080
9.0	-0.090	0.245	0.144	-0.180	-0.265	-0.055	0.204	0.327	0.305	0.214	0.124
10.0	-0.245	0.045	0.254	0.058	-0.219	-0.234	-0.014	0.216	0.317	0.291	0.207

Tabla de Bessel



- 1a. ETAPA HOSPITAL GENERAL — TLATELOLCO
- 2a. ETAPA (SUR) HOSPITAL GENERAL — ZAPATA
- 2a. ETAPA (NTE) TLATELOLCO — INDIOS VERDES
- 3a. ETAPA ZAPATA — UNIVERSIDAD
- ENLACE A TALLERES 831'249 m. INCLINADO EN LA ESTACION TOTAL EN LA ETAPA

TRAZO



PERFIL

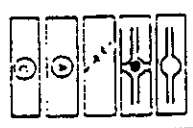
1:1 ANIMA 5

INFORMACION TECNICA

LONGITUD DE SERVICIO	21,276.019 m	ENLACE CON L-2	253.812
LONGITUD TOTAL	23,605.871	ENLACE CON L-3	532.241
LONGITUD EN LA ETAPA	5,462.287	ENLACE CON L-9	590.000
LONGITUD EN 2a ETAPA (SUR)	5,424.397	NUMERO DE ESTACIONES DE PASO DE TRANSICION	21
LONGITUD EN 2a ETAPA (NTE)	6,241.240		
LONGITUD EN 3a ETAPA	6,534.947		
ENLACE CON L-1	305.020		

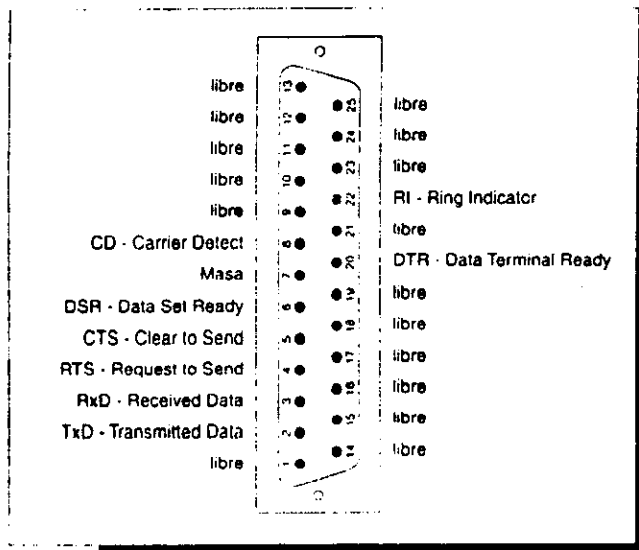
SIMBOLOGIA

- ESTACION DE PASO
- ESTACION DE TRANSBORDO
- ENLACE
- DEPOSITO
- TALLER GRAN REVISION

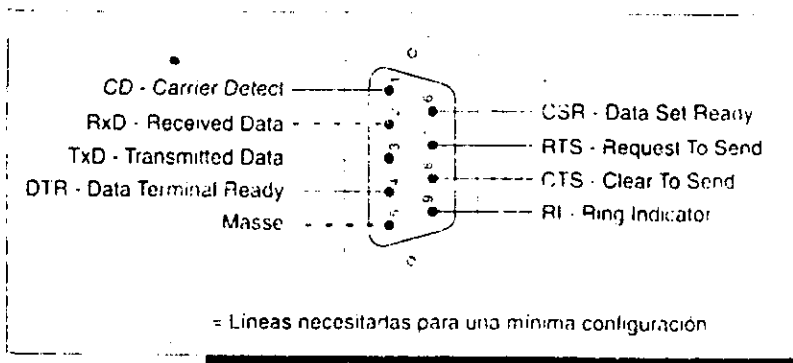


indios verdes
universidad
LINEA 3

RS 232



Las líneas RS-232 implementadas en un PC, con su posición dentro de un conector en D de 25 pines



La versión reducida del conector en D de nueve pines