

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL
AUTOMÁTICO EN AULAS MOVILES DE APRENDIZAJE PARA EL SENA

JORGE LUIS ZUÑIGA MARTINEZ
LUIS CARLOS MARROQUIN CASTILLA

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRICA EINGENIERIA ELECTRONICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.
2012

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL
AUTOMÁTICO EN AULAS MOVILES DE APRENDIZAJE PARA EL SENA

JORGE LUIS ZUÑIGA MARTINEZ
LUIS CARLOS MARROQUIN CASTILLA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el titulo de
Ingeniero Electrónico

DIRECTOR

ENRIQUE VANEGAS CASADIEGO

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRICA EINGENIERIA ELECTRONICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.
2012

AUTORIZACIÓN

Nosotros, JORGE LUÍS ZÚÑIGA MARTÍNEZ y LUÍS CARLOS MARROQUÍN CASTILLA, identificados con cédulas de ciudadanía 1.128.051.128 de Cartagena y 1.128.050.740 de Cartagena, respectivamente; autorizamos a la Universidad Tecnológica de Bolívar a hacer buen uso del trabajo de grado titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO EN AULAS MOVILES DE APRENDIZAJE PARA EL SENA**, y a publicarlo en el catálogo ONLINE de la Biblioteca.

JORGE LUÍS ZÚÑIGA MARTÍNEZ
C.C. 1.128.051.128de Cartagena

LUÍS CARLOS MARROQUÍN CASTILLA
C.C.1.128.050.740 de Cartagena

Cartagena de Indias D.T. y C., 19 de Octubre de 2012

Señores:

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
ATN: COMITÉ EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Ciudad

Cordial saludo.

Me permito presentar formalmente ante ustedes el trabajo titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO EN AULAS MOVILES DE APRENDIZAJE PARA EL SENA**, desarrollados por los estudiantes JORGE LUÍS ZÚÑIGA MARTÍNEZ y LUÍS CARLOS MARROQUÍN CASTILLA, como requisito para optar por el título de Ingenieros Electrónicos, y en el cual participé como Director.

Atentamente,

ING. ENRIQUE VANEGAS CASADIEGO
DIRECTOR

Cartagena de Indias D.T. y C., 19 de Octubre de 2012

Señores:

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
ATN: COMITÉ EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Ciudad

Cordial Saludo.

Nos permitimos presentar formalmente ante ustedes el trabajo titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO EN AULAS MOVILES DE APRENDIZAJE PARA EL SENA**, el cual fue dirigido por el Ingeniero ENRIQUE VANEGAS y desarrollado por nosotros, como requisito para optar al título de Ingenieros Electrónicos.

Atentamente,

JORGE LUÍS ZÚÑIGA MARTÍNEZ
C.C. 1.128.051.128de Cartagena

LUÍS CARLOS MARROQUÍN CASTILLA
C.C.1.128.050.740 de Cartagena

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Cartagena de Indias D.T. y C., ____ de _____ de 2012

*Gracias a Dios, a nuestros padres y hermanos,
por su acompañamiento e incondicional apoyo a lo largo de esta
Importante etapa de nuestras vidas.
A nuestros amigos y profesores, por todos los momentos
y experiencias compartidas.*

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradecemos a Dios, por ser el pilar de nuestras vidas y por quien todo esto ha sido posible. Ha permitido desarrollar en nosotros las características de un verdadero ciudadano, con sentido de pertenencia y amor por la labor que se realiza.

A la Universidad Tecnológica de Bolívar y de manera especial a su cuerpo docente, por transmitirnos su experiencia y conocimiento en las áreas del saber de nuestro programa de formación.

Al Programa de Becas Premio a la Excelencia y Talento Caribe, por brindarnos la gran oportunidad de hacer parte de la familia de la UTB y apoyarnos en nuestro proceso formativo.

Al SENA, y en particular a todo el talento humano del Centro para la Industria Petroquímica Regional Bolívar, por brindarnos la oportunidad de contribuir a través de este proyecto con la mejora continua de las condiciones en las que ellos imparten su formación académica y por contagiarnos de la cultura “Aprender Haciendo” y “Formación por competencias” ofrecida a cada uno de sus aprendices.

A nuestros familiares y amigos, por su apoyo y entrega incondicional en todo el desarrollo de nuestro ciclo de formación.

Luis Carlos Marroquín Castilla agradece especialmente a:

Olivia Castilla Chico y Karen Medina Zabaleta por su apoyo, entrega y amor incondicional.

Jorge Luis Zúñiga Martínez agradece especialmente a:

Elizabeth Zúñiga Rodríguez, por su apoyo incondicional durante este proceso académico.

CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO.....	16
RESUMEN.....	17
INTRODUCCION.....	18
1. OBJETIVOS.....	20
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	20
2. METODOLOGIA.....	21
3. CONSIDERACIONES GENERALES.....	22
3.1 GENERALIDADES.....	22
3.2 ESTADO ACTUAL DEL AULA MOVIL.....	23
3.2.1 Sistema mecánico.....	23
3.2.1.1 De movilidad.....	23
3.2.1.2 Estructural.....	24
3.2.2 Sistema hidráulico.....	25
3.2.3 Sistema eléctrico.....	27
3.2.3.1 Circuito AC.....	27
3.2.3.2 Circuito DC.....	30
4. DIAGNOSTICO.....	34
4.1 CIRCUITO DC.....	34
4.1.1 Alimentación.....	34
4.1.2 Control de mando.....	35

4.2CIRCUITO AC.....	36
4.2.1 Carga Eléctrica AC.....	37
4.2.2 Consumo eléctrico.....	38
4.2.3 Circuito de Alumbrado.....	39
5. DISEÑO.....	43
5.1 Circuito DC.....	45
5.1.1 Control del Aula Móvil.....	45
5.1.1.1 Etapa de control.....	47
5.1.1.2 Regulación.....	47
5.1.1.3 Teclado.....	48
5.1.1.4 Sensores.....	50
5.1.1.5 LCD.....	51
5.1.1.6 Unidad de proceso.....	52
5.1.1.7 Programación.....	55
5.1.1.8 Etapa de potencia.....	58
5.1.1.9 Amplificador de corriente.....	58
5.2CIRCUITO AC.....	59
5.2.1 Carga eléctrica.....	59
5.2.2 Circuitos ramales.....	60
5.2.3 Transformador de aislamiento.....	61
5.2.4 Sistema de puesta a tierra.....	64
5.2.5 Dispositivo de protección y medio de desconexión.....	66
5.2.6 Cordón de alimentación.....	66
5.2.7 Fuente de alimentación.....	67
5.2.8 Iluminación.....	67
6. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBA.....	71

7. CONCLUSIONES.....74

BIBLIOGRAFIA.....76

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema del circuito hidráulico. Realizado en FluidSIM 4.2.....	26
Figura 2. Cordón de alimentación AC.....	28
Figura 3. Distribución de las lámparas y tomacorrientes del Aula Móvil.....	28
Figura 4. Unidad de potencia Hidráulica.....	30
Figura 5. Circuito de Control Electrohidráulico. Realizado en FluidSIM 4.2.....	31
Figura 6. Control de mandos del Aula Móvil Actual.....	33
Figura 7. Esquema de conexión eléctrica.....	36
Figura 8. Bancos didácticos de trabajo presentes en el Aula Móvil.....	37
Figura 9. Dimensiones del área de trabajo en el Aula Móvil.....	40
Figura 10. Distribución de iluminación en el Aula Móvil. Realizado en DIALux 4.10 Light.....	42
Figura 11. Diagrama del Sistema de Control.....	46
Figura 12. Etapa de Control. Simulación en PROTEUS ISIS 7.7.....	47
Figura 13. a) Diagrama eléctrico del circuito de regulación y b) circuito impreso. Simulación en PROTEUS ISIS 7.7.....	48
Figura 14. a) Diagrama eléctrico conexión teclado y b) circuito impreso. Simulación en PROTEUS 7.7.....	49
Figura 15. Esquema de ubicación de los sensores.....	50
Figura 16. Simulación con conexión de sensores. Simulación en PROTEUS ISIS 7.7.....	51
Figura 17. a) Conexión PIC–LCD y b) circuito impreso. Simulación en PROTEUS ISIS 7.7.....	52

Figura 18.Opciones de Unidades de Proceso del sistema de control: PLC, microprocesador y microcontrolador.....	53
Figura 19. Diagrama de conexión Microcontrolador-decodificador – inversor. Simulación en PROTEUS 7.7.....	55
Figura 20. Estructura del programa.....	56
Figura 21.Circuito de Potencia. Acondicionamiento señal a relé. Simulación en PROTEUS ISIS 7.7.....	58
Figura 22. Esquema interno del amplificador de corriente.....	59
Figura 23.Esquema de un transformador de aislamiento.....	61
Figura 24.Símbolo y representación de interruptor automático tipo Termomagnético.....	66
Figura 25. Tomacorriente de propósito general para clavija tipo 5-15R.....	66
Figura 26.Distribución de iluminación propuesta para el Aula Móvil. Realizado en DIALux 4.10 Light.....	67
Figura 27. Tarjeta de circuito de Regulación a 5V DC.....	70
Figura 28. Teclado del sistema de control usado como interfaz de entrada...	71
Figura 29. Etapa de potencia del sistema de control.....	72
Figura 30. Tarjeta principal del sistema de control de Aulas Móviles.....	73
Figura 31. Secuencia de acceso al programa de control de Aulas Móviles.....	74
Figura 32. Prueba de funcionamiento del sistema de control del Aula Móvil...	75

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especificaciones del vehículo.....	24
Tabla 2. Descripción de los componentes del circuito hidráulico.....	27
Tabla 3. Descripción de los equipos dentro del Aula Móvil.....	29
Tabla 4. Características de los Equipos del Sistema Hidráulico.....	32
Tabla 5. Consumo total de potencia en VA del Aula Móvil.....	38
Tabla 6. Calibre del cordón de alimentación actual del Aula Móvil.....	39
Tabla 7. Niveles de Iluminación.....	41
Tabla 8. Estado actual del circuito AC del Aula Móvil.....	44
Tabla 9. Cantidad de pines requeridos.....	52
Tabla 10 Principales características del PIC16F877A.....	54
Tabla 11. Carga eléctrica del Aula Móvil.....	60
Tabla 12. Factor K con base a la carga.....	63
Tabla 13. Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de AC.....	65
Tabla 14. Apariencia de color y rendimiento en color en diferentes espacios de trabajo.....	69

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. LÁMPARA TL-D 18W/865 1SL

Anexo B. CIRCUITO ELÉCTRICO AC

Anexo C. CIRCUITO ELÉCTRICO DC

Anexo D. ILUMINACIÓN ACTUAL

Anexo E. PROPUESTA DE ILUMINACIÓN

Anexo F. LAMPARA TLD-36W 865 1SL

Anexo G. CIRCUITO ELÉCTRICO AC REDISEÑADO

Anexo H. Regulador 7805

Anexo I. Microswitch KW8-OZ-C

Anexo J. LCD TC1602A-01T

Anexo K. Decodificador 74HC138

Anexo L. Compuerta Lógica NOT 74LS04

Anexo M. Amplificador de corriente ULN2803

Anexo N. Programación del sistema de control en lenguaje C

GLOSARIO

AWG: American Wire Gauge. Es una referencia de clasificación de diámetros de conductores.

CLAVIJA: Dispositivo introducido o retirado manualmente de un tomacorriente, el cual posee terminales (contactos machos) que entran en contacto con los contactos hembra del tomacorriente.

FLUJO LUMINOSO. Cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo)

INTENSIDAD LUMINOSA. Parte del flujo emitido por una fuente luminosa en una dirección dada por el ángulo sólido que lo contiene.

ILUMINANCION. Flujo luminoso por unidad de área.

ILUMINANCIA. Intensidad luminosa emitida en una dirección dada por una superficie luminosa o iluminada-

ILUMINANCIA MANTENIDA (EM): Valor por debajo del cual no debe disminuir la iluminancia media en la superficie especificada.

IRC (o Ra): Índice de rendimiento del color. Compara la reproducción de una muestra normalizada de colores iluminada con una lámpara con la misma muestra iluminada con una fuente de luz de referencia. A mayor IRC, mejor reproducción del color.

LUMEN: Es la unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa emitida por la fuente.

LUX: Es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen/m²

THW: Thermoplastic, Heat and Water Resistant. Cable con aislamiento termoplástico, resistente al calor y al agua.

RESUMEN

El presente trabajo expone la solución a un problema social, referente a la falta de equipos y herramientas para mitigar la escasez de formación técnica y tecnológica en lugares en donde no es posible construir infraestructura o llevar talento humano calificado para ello.

Es por esto que surge en el SENA la iniciativa de crear centros de formación que puedan desplazarse a estos lugares, denominados Aulas Móviles. En ellos se imparte formación técnica y tecnológica por competencias, haciendo uso de las TIC's.

Para facilitar la labor de los formadores y optimizar su trabajo en estos ambientes se requiere controlar las estructuras que permiten la apertura y cierre de un vehículo destinado como Aula móvil. Es por ello que nace este proyecto con el fin de diseñar e implementar un sistema de control automático para Aulas Móviles de aprendizaje.

Para llevar a cabo esto, inicialmente se hizo un diagnóstico del estado actual del lugar de trabajo, que en este caso es un camión adaptado para poder abrir sus paredes laterales, maniobra que se realizaba con accionamientos eléctricos y cilindros hidráulicos, pero que carecía de coordinación y era inseguro. Con base al diagnóstico se procedió a diseñar y posteriormente implementar el sistema de control capaz de realizar el anterior procedimiento de manera automática usando un microcontrolador como pieza principal del sistema de control.

Adicional a esto, se analizó el estado del sistema eléctrico del Aula Móvil y con base a la normatividad vigente en Colombia, se rediseñó.

Se realizaron pruebas de funcionamiento en el prototipo implementado, obteniéndose resultados satisfactorios. Esto permitió facilitar el proceso de formación de las Aulas Móviles, y se espera que sea implementado en otros camiones destinados para actividades de formación.

INTRODUCCION

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) es una organización del Estado cuya función es invertir en el desarrollo social y técnico de los trabajadores colombianos, ofreciendo y ejecutando la formación profesional integral gratuita para la incorporación y el desarrollo de las personas en actividades productivas que contribuyan al desarrollo social, económico y tecnológico del país. Por tal motivo es de vital importancia que el SENA tenga una amplia cobertura en el territorio nacional, es decir, que sus servicios puedan llegar a todos los departamentos, municipios y corregimientos de Colombia. Para cumplir con este objetivo el SENA REGIONAL BOLIVAR está desarrollando un proyecto social denominado AULAS MOVILES DE APRENDIZAJE.

Las Aulas Móviles de Aprendizaje SENA REGIONAL BOLIVAR, surgen como respuesta a la demanda de formación en municipios y zonas apartadas donde tienen talento humano pero carecen de tecnología y de instalaciones adecuadas para el desarrollo de un programa de formación. Estas Aulas son modulares y adaptables a cualquier proceso productivo conforme al requerimiento de la formación a impartir.

Un Aula Móvil de aprendizaje está fabricada a partir de un vehículo estilo furgón en el cual su cabina trasera ha sido remplazada por una estructura metálica, liviana y resistente, acondicionada con mecanismos, elementos de sujeción y un conjunto de dispositivos hidráulicos que le permiten desplegar a ambos lados del vehículo elementos móviles, los cuáles conforman el techo y el piso del Aula. Todo esto da como resultado un espacio con un excelente diseño exterior e interior que brindan condiciones de armonía, confort y seguridad para facilitar el aprendizaje.

El correcto funcionamiento del Aula Móvil de aprendizaje depende en gran medida de los dispositivos eléctricos y electrónicos que se utilicen para ordenar los movimientos de los cilindros hidráulicos que desplegarán cada una de sus partes móviles, porque si se realiza un mal movimiento ó una fuerza desmedida de los cilindros, se originará una ruptura en la estructura metálica del Aula. Adicional a esto, el Aula Móvil debe contar con un sistema eléctrico que cumpla con todos los requisitos de seguridad y normativa en iluminación y accionamiento de motores.

Con base a lo mencionado anteriormente, este documento pretende dar a conocer la metodología para diseñar e implementar un sistema de control automático para el Aula Móvil. A raíz de esto, se encuentra dividido de la siguiente manera:

En los capítulos 1 y 2 se presenta la fundamentación del proyecto: su objetivo principal y objetivos específicos, así como su metodología.

En el capítulo 3 se expone el estado actual del Aula Móvil, el cual es el lugar donde se desarrolla el proyecto.

El capítulo 4 hace referencia al diagnóstico del estado actual del ambiente de trabajo, que incluye el análisis del sistema de control, del sistema eléctrico y la iluminación.

El capítulo 5 se encarga de mostrar todo el proceso de diseño del sistema de control, así como la parte eléctrica y la iluminación adecuada del Aula Móvil.

En el capítulo 6 se muestra la implementación y prueba del circuito de control, así como su prototipo.

Por último, el capítulo 7 hace referencia a los resultados obtenidos y a las conclusiones del proyecto.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de control automático para Aulas Móviles de aprendizaje en el Centro para la Industria Petroquímica SENA; y el diseño de sus respectivas instalaciones eléctricas, con el fin de coordinar el accionamiento de los cilindros hidráulicos que realizan el movimiento de cada uno los mecanismos que conforman el Aula.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- ✓ Evaluar los dispositivos de control electrónico más adecuados a utilizar, teniendo en cuenta especificaciones eléctricas y las secuencias de funcionamiento del Aula Móvil.
- ✓ Evaluar los sensores más adecuados a utilizar como identificadores de final de carrera, teniendo en cuenta las características estructurales del Aula, ubicación y condiciones eléctricas en relación con el dispositivo de control seleccionado.
- ✓ Diseñar e implementar un programa de control interactivo en concordancia con el dispositivo de control seleccionado que brinde los modos de operación manual y automático.
- ✓ Diseñar e implementar la etapa de potencia para el accionamiento de las electroválvulas.
- ✓ Elaborar todo el circuito en tarjetas electrónicas modulares para facilitar el mantenimiento del sistema electrónico.
- ✓ Evaluar la conformidad de la instalación eléctrica del Aula Móvil, con respecto al RETIE y a la NTC 2050.
- ✓ Rediseñar las instalaciones eléctricas con el fin de dar cumplimiento al RETIE y a la NTC 2050.
- ✓ Realizar pruebas y elaborar un manual de usuario del Aula Móvil.

2. METODOLOGÍA

Este proyecto está encaminado principalmente en diseñar e implementar un sistema de control automático para Aulas Móviles de aprendizaje en el Centro para la Industria Petroquímica SENA con el fin de coordinar el accionamiento de los cilindros hidráulicos que realizan el movimiento de cada uno los mecanismos que conforman el aula. Adicional a esto, se busca mejorar las instalaciones eléctricas y el alumbrado presente.

Para llevar a cabo el proyecto primeramente se realizará una evaluación de los diferentes elementos y dispositivos que permitirían el control automático del ambiente de trabajo. Con base a la evaluación se seleccionaran aquellos que sean capaces de satisfacer los requerimientos.

Seguidamente se realizará el diseño del programa de control, acorde con el dispositivo de control seleccionado, que brindará modos de operación manual y automático. Asimismo, se llevará a cabo el diseño de la etapa de potencia para el control de los relés.

Posteriormente se elaborará la sección del circuito de control y la de potencia en tarjetas electrónicas modulares para facilitar su mantenimiento. Luego de realizar el ensamble y la respectiva puesta en marcha de todo el sistema se realizarán pruebas y se elaborará un manual de usuario como guía para el correcto control del aula.

Se evaluará la conformidad de la instalación eléctrica del Aula Móvil, con respecto al RETIE y a la NTC 2050. Con base a los resultados obtenidos se rediseñará una nueva instalación eléctrica y de alumbrado que de cumplimiento a la normatividad antes mencionada.

3. CONSIDERACIONES GENERALES

3.1 GENERALIDADES.

El proyecto Aulas Móviles de Aprendizaje SENA regional Bolívar, surge como respuesta a la demanda de formación en municipios, veredas y en general zonas del departamento donde actualmente el SENA no cuenta con centros de formación; en otras palabras, se tiene talento humano pero se carece de acceso a tecnología para impartir la formación.

Estas Aulas son modulables y adaptables a cualquier proceso productivo conforme al requerimiento de la formación. Están fabricadas a partir de una estructura metálica liviana, resistente y de fácil construcción que cumple con especificaciones técnicas y de normatividad, además de que son abatibles. Tanto el piso como laterales y techo cuentan con un diseño aerodinámico novedoso.

El proyecto se compone inicialmente de la fabricación de tres Aulas Móviles para aminorar la demanda de formación en algunas zonas rurales del departamento Bolívar. Cada ambiente de trabajo tiene capacidad para un promedio de 20 aprendices por clase y los equipos ubicados dentro de la misma dependerán del tipo de formación que se ha de impartir en ella.

El Aula Móvil se conforma básicamente por tres sistemas.

- ✓ Sistema mecánico: comprende el automóvil y la estructura metálica incluyendo las partes móviles.
- ✓ Sistema hidráulico: comprende los cilindros hidráulicos, válvulas de presión y electrohidráulicas distribuidoras de caudal.
- ✓ Sistema eléctrico: comprende un sistema de alimentación eléctrica y alumbrado, un sistema de carga de baterías, y un sistema de control.

En la sección 2.2 se explican en detalles cada uno de estos sistemas.

Los equipos que hacen parte de la carga del Aula Móvil, esto es, aquellos que serán usados para realizar las actividades de formación a la comunidad tales como computadores portátiles, mesa de trabajo, sistema de iluminación, funcionan con una tensión de alimentación 120VAC la cual se obtiene de una red eléctrica externa. Esto quiere decir que el Aula no puede ponerse en funcionamiento en un lugar donde no exista la posibilidad de conexión a 120V AC.

En cuanto al sistema de control hidráulico, su funcionamiento es llevado a cabo gracias a una fuente de alimentación de 12V DC para la bomba hidráulica y 24V DC para el conjunto de relés y electroválvulas que hacen posible el movimiento de los cilindros.

3.2 ESTADO ACTUAL DEL AULA MOVIL.

Para establecer la problemática que poseen las Aulas móviles de aprendizaje SENA, es necesario hacer una descripción del estado actual del proyecto, haciendo énfasis en el sistema eléctrico y de control.

El Aula Móvil SENA se divide en los sistemas descritos a continuación, en cada uno de ellos se describe los componentes y el estado actual.

3.2.1 Sistema mecánico. Se encuentra dividido en dos partes.

3.2.1.1 De movilidad. Se define como el sistema que permite el desplazamiento del Aula, no es más que un vehículo estilo furgón en el cual su cabina trasera ha sido acondicionada como un Aula de clase. Las principales características técnicas de este vehículo se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones del vehículo

ITEM		DESCRIPCION
Fabricante		HYUNDAI
Modelo		HD72 –Chasis
	Chasis	Largo
Motor	Configuración	LHD, 4 X 2
	Cilindros	4 en línea
	Potencia máxima	130 hp @ 2.900 rpm
	Torque máximo	37 Kg-m @ 1.600 rpm
Batería		24 voltios /100 Amperios
Alternador		24 Voltios / 50 Amperios
Transmisión	Modelo	MO35S5
	Tipo	5 cambios adelante y 1 reversa
	Llantas (incluido repuesto)	7.50 x 16 - 12PR (190 / 75 - R16)
Combustible	De Servicio	Campana, Hidráulicos servoasistidos a vacío, doble circuito
	Tipo	Diesel
	Alimentación	Inyección directa
	Bomba Inyección	Licencia BOSCH tipo A compensador altimétrico
	Tanque	27 galones (102 litros)

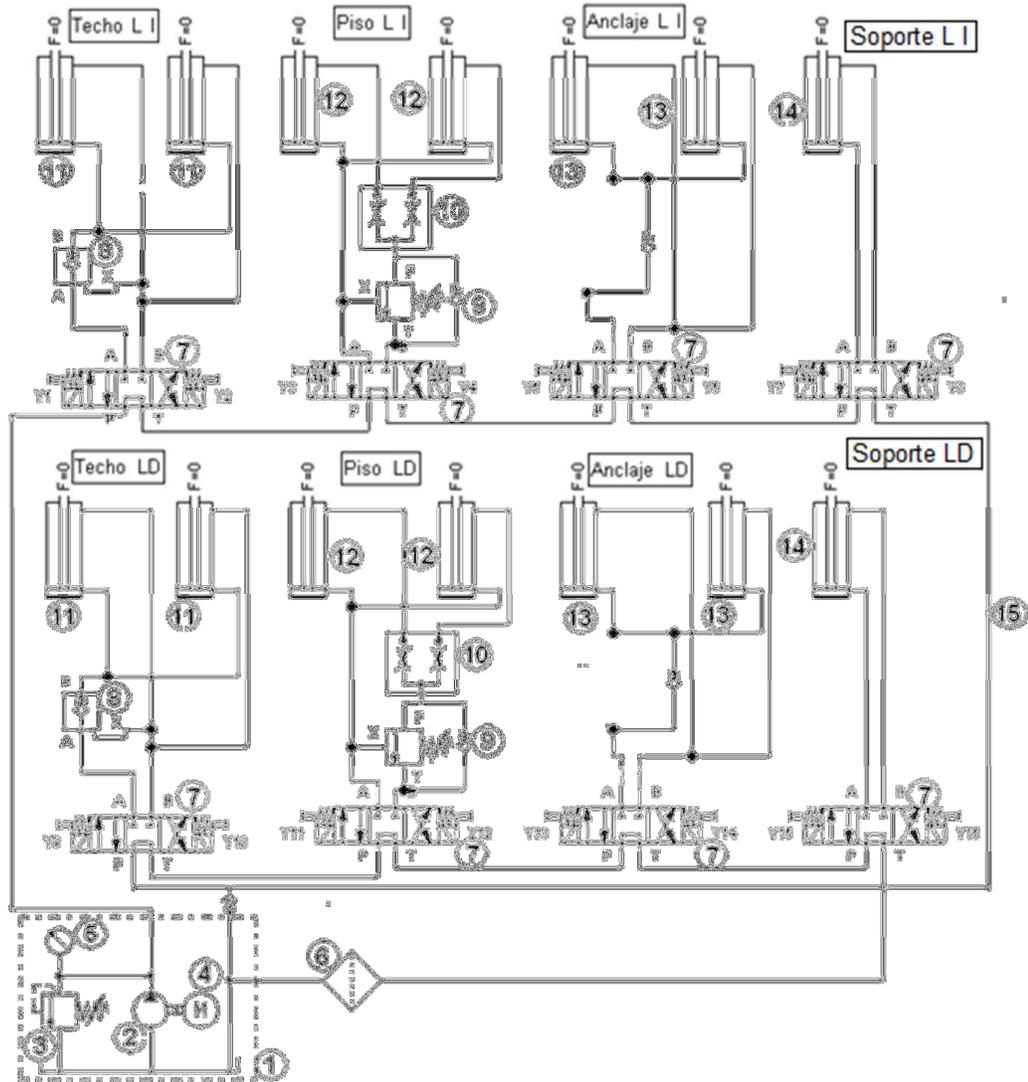
3.2.1.2 Estructural. Se refiere a toda la estructura ubicada en la parte trasera del furgón, y está conformada por un grupo de piezas móviles en cada uno de sus laterales, estas piezas son: techo, piso, soportes, anclajes.

- ✓ Techo: Estructura metálica ubicada en la parte lateral superior del furgón, articulado por un conjunto de rodamientos que permiten el pivoteo de la estructura en un movimiento de sube y baja. Existe un techo tanto para el lado derecho como en el izquierdo.
- ✓ Piso: Estructura metálica ubicada en la parte lateral inferior del furgón, articulado por un conjunto de rodamientos que permiten el pivoteo de la estructura en un movimiento de sube y baja. Existe un piso tanto para el lado derecho como en el izquierdo.
- ✓ Soportes: Estructura metálica ubicada en la parte inferior central del piso esta estructura permite el movimiento de subida y bajada de los anclajes, el movimiento es ejecutado por un cilindro hidráulico. Se utiliza además para soportar el piso cuando está extendido, Existe un soporte tanto para el piso del lado derecho como el del izquierdo.
- ✓ Anclajes: Estructura metálica ubicada en la parte inferior del piso y sujeta a los soportes, utilizada para anclar y nivelar del piso. Existe un anclaje tanto para el piso del lado derecho como el del izquierdo.

Todas estas piezas son abatibles y retraibles, hecho que permite que se puedan organizar de tal manera que al retraerse la apariencia sea la de un vehículo tipo furgón, pero al extenderse su apariencia sea la de un salón para impartir formación.

3.2.2 Sistema hidráulico. Es el sistema que ejecuta el movimiento de cada una de las partes de Aula Móvil. Consta de 14 cilindros, un grupo de válvulas de presión y un grupo de válvulas de distribución de caudal controladas eléctricamente, los cuales están configurados como se muestra en la figura 1. En la tabla 2 aparece una descripción de cada uno de los componentes del circuito hidráulico.

Figura 1. Esquema del circuito hidráulico. Realizado en FluidSIM 4.2



Realizado por Jorge Zúñiga con permiso del Centro Petroquímico SENA

Este sistema consta de cuatro subsistemas distribuidos a cada lado del Aula: techo, piso, soportes y anclajes. Cada subsistema es movido por una electroválvula 4/3 que a su vez es accionada por dos bobinas eléctricas que al energizarse permiten la activación de la carrera de salida o entrada de los cilindros.

Tabla 2. Descripción de los componentes del circuito hidráulico.

Número	Descripción
1	Unidad de potencia hidráulica con depósito de 19 Gal.
2	Bomba de piñones de 3 Gal/min, Pmax 1500 PSI
3	Válvula limitadora de presión calibrada a 800 PSI
4	Motor DC de 2,2 HP
5	Manómetro 0-1500 PSI toma vertical de 1/4 NPT
6	Filtro de retorno DC 20 μ
7	Válvula 4/3 lector 3 centro tándem
8	válvula anti retorno desbloqueable a 1/2 pulgada
9	Válvula de frenado con anti retorno
10	válvula divisor de caudal
11	cilindros de levante de compuerta de techo
12	Cilindro de levante de compuerta del piso
13	cilindro patas de anclaje
14	cilindro de accionamiento mecanismo de anclaje
15	Manguera de 3/8 con filtro 9/16

3.2.3 Sistema eléctrico

3.2.3.1 Circuito AC. Para obtener la alimentación AC del Aula Móvil ésta debe ser conectada a una red eléctrica externa de 120 VAC. La conexión eléctrica a la red externa se hace a través de una extensión de 18 m con cable 3x12 AWG THW, clavija de propósito general en un extremo y en el otro una clavija para conexión industrial, como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Cordón de alimentación AC



Foto tomada por Jorge Zúñiga con permiso del Centro Petroquímico SENA

En cuanto al alumbrado del Aula, la iluminación está compuesta por 6 lámparas tubulares fluorescentes 2x18W tipo T8, alimentadas a 120VAC; estas lámparas están ubicadas como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Distribución de las lámparas y tomacorrientes del Aula Móvil.



Foto tomada por Luis Marroquín con permiso del Centro Petroquímico SENA

Las lámparas se encienden a través de un interruptor que se encuentra a la entrada del Aula. Sus características electricas se encuentran en el anexo A.

El circuito eléctrico del sistema de alumbrado se muestra en el anexo B. Cabe resaltar que para la instalación de este sistema de iluminación no se realizó ningún diseño previo; las lámparas fueron ubicadas aleatoriamente de acuerdo a la necesidad de iluminación en puntos específicos del ambiente de trabajo,

sin tener en cuenta el nivel de iluminación adecuado para las actividades pedagógicas desarrolladas en este tipo de lugares.

El Aula Móvil cuenta con 12 tomacorrientes de color naranja para 120 VAC y 15A, distribuidos de a 6 a cada lado del Aula, como se muestra en la figura 3. Los equipos que se conectarán a los tomacorrientes aparecen listados en la tabla 3.

Tabla 3.Descripción de los equipos dentro del Aula Móvil

EQUIPO	CANTIDAD	DESCRIPCION	
Computador Portátil	6	Input	120 V AC
		Frecuencia	60 Hz
		Potencia IN	90W
Banco de trabajo	3	Input	120 V AC
		Frecuencia	60 Hz
		Potencia	150W c/u
Lámparas fluorescente	6	Input	120 V AC
		Potencia	2x18W
		Emisión Luminosa	1275 lm
		Diámetro(mm)	26
		Longitud(mm)	590

La tabla 3hace referencia a los equipos y/o elementos que se encuentran permanentemente dentro del Aula. El consumo eléctrico puede variar en la medida en que se agreguen otro tipo de equipos o dispositivos al Aula Móvil tales como cargadores de celulares, video cámaras, entre otros, pero dicho aumento no es significativo comparado con los equipos mencionados en dicha tabla.

3.2.3.2 Circuito DC

- ✓ Alimentación: La alimentación eléctrica DC del Aula Móvil es la encargada de entregar la energía necesaria para activar el sistema electrohidráulico y todos los equipos del automóvil que trabajen con este tipo de energía. Está compuesta por 3 baterías de 12 VDC dispuestas como se muestra en el anexo C. Una de estas baterías se utiliza para alimentar el motor de la bomba en la unidad de potencia hidráulica y las otras dos se conectan en serie (24 VDC) para la alimentación de las electroválvulas, el circuito de control, y del automóvil.
- ✓ La unidad de potencia hidráulica se encuentra dentro del Aula Móvil y se muestra en la figura 4. En ésta se observa la conexión física del motor de 12 V DC hacia una batería del mismo valor de tensión, así como su placa característica.

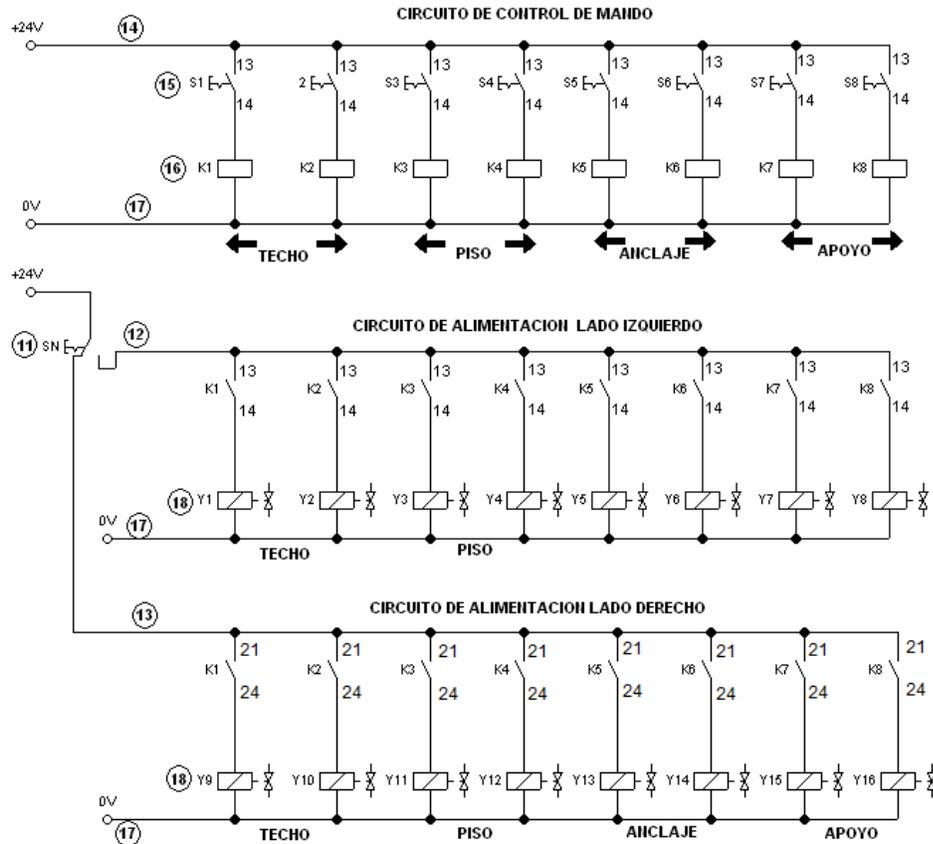
Figura 4. Unidad de potencia Hidráulica.



Foto tomada por Luis Marroquín con el permiso del Centro petroquímico SENA

- ✓ Control. El circuito actual del control electrohidráulico del Aula Móvil aparece en la figura 5.

Figura 5. Circuito de Control Electrohidráulico. Realizado en FluidSIM 4.2



Elaborado por Jorge Zúñiga con base a especificaciones del SENA

Este sistema de control está conformado por tres circuitos como son: Circuito de control de mando, circuito de alimentación lado izquierdo, circuito de alimentación lado derecho.

El sistema comprende una serie de contactos abiertos desde S1 hasta S8 que tienen como función alimentar las bobinas de los relés K1 hasta K8, que al energizarse activan los contactos abiertos 11-14 (lado izquierdo del Aula) o 21-24 (lado derecha del Aula), permitiendo que se energicen las bobinas de las electroválvulas (4/3), que van desde Y1 hasta Y16, las cuáles alimentan la carrera de los cilindros que accionan

las compuertas del Aula. En la tabla 4 se describen los componentes del circuito de la figura 5.

Tabla 4. Características de los Equipos del Sistema Hidráulico

Número	Descripción
11	Selector de los botones de mando
12	Línea de alimentación lado Izquierdo con cable # 12 AWG a 24 VDC
13	Línea de alimentación lado Derecho con cable # 12 AWG a 24 VDC
14	cable de alimentación del circuito 14 AWG
15	Contacto abierto de botones del control de mando (contactos de S1-S8)
16	Bobina de relé a 24 VDC desde K1-K8
17	Línea de tierra 0 V DC (-)
18	Bobina de las Electroválvulas 4/3 centro tándem 24 VDC de Y1 -Y16

En la figura 6 se muestra el control de mando actual, consta de un selector para elegir el lado del Aula Móvil que se quiere controlar (izquierdo o derecho). Su función es alimentar cada uno de los contactos abiertos de la botonera para ejercer control de todo el sistema eléctrico. Este control permite al usuario ordenar la acción a ejecutar por el Aula Móvil, y posteriormente mediante los pulsadores se puede mover cada uno de los mecanismos hacia arriba o hacia abajo, hacia adentro o hacia afuera según sea el caso.

Figura 6. Control de mandos del Aula Móvil actual.

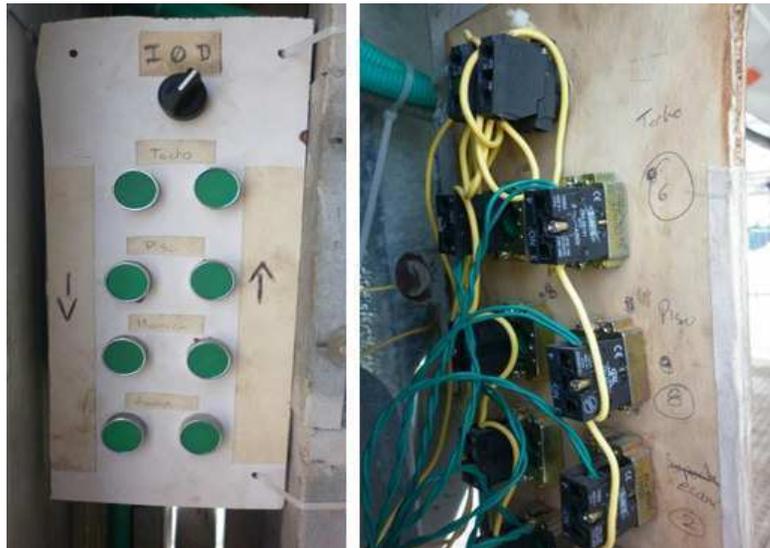


Foto tomada por Luis Marroquín con permiso del Centro Petroquímico SENA

4 DIAGNOSTICO

Con base a lo descrito en la sección 2.2 y a los objetivos descritos al inicio del documento, se realizará un diagnóstico del sistema eléctrico del Aula Móvil para determinar que está conforme o no, y cuáles son las mejoras que se deben hacer.

4.1 CIRCUITO DC.

4.1.1 Alimentación. De las tres baterías que se encuentran en el Aula Móvil, dos se utilizan para alimentar las electroválvulas, los relés asociados a ellas, y para alimentar el sistema eléctrico del automóvil. Estos sistemas están aislados por un interruptor automático que corta la alimentación de 24V DC cuando se requiere que el automóvil se desplace. Este interruptor automático es accionado manualmente para el anterior procedimiento. Esta estrategia de desconexión deshabilita el sistema electrohidráulico haciendo que el automóvil funcione de acuerdo a sus características de diseño, evitando así sobre consumo de energía por parte de los relés y las electroválvulas conectadas a las dos baterías antes mencionadas. Esto es conveniente siempre y cuando se tenga claro el procedimiento de activar o desactivar dicho interruptor automático.

En lo referente al proceso de carga de las baterías, éste se realiza de manera remota, esto es, se retiran las baterías del Aula Móvil y se llevan a un lugar específico (taller SENA) en donde se encuentra un cargador de baterías. Dicho cargador de baterías, con base a la información del operador a cargo, ha presentado fallas y ha sido reparado con anterioridad, lo cual no garantiza que la carga que se realiza en él sea confiable. Asimismo, se han presentado fallas en el suministro de energía por parte de las baterías posterior a su proceso de carga y tampoco se tiene claro cuánto es su tiempo de vida útil.

Al hacer referencia al motor de la bomba, se puede decir que no se tienen datos de su ficha característica ni del fabricante tales como factor de potencia, rendimiento, potencia nominal, entre otros. Los únicos datos que se encuentran son que el motor opera a 12V DC y gira en contra de las manecillas del reloj (véase figura 4, parte superior izquierda). En cuanto a su funcionamiento, se encuentra operando en óptimas condiciones.

4.1.2 Control de mando. El control de mando es uno de los dispositivos más críticos del Aula pues es quién ordena y debe coordinar los movimientos de las partes móviles. El control del Aula Móvil actual es el que aparece en la figura 6. Está implementado con un selector y ocho pulsadores, montado sobre un triple rectangular de madera de 36x15x1 cm, señalizado por símbolos dibujados sobre cinta de papel, ubicado en la entrada del Aula Móvil y sujeto a la estructura por amarres plásticos. Este control requiere un rediseño debido a que posee problemas de:

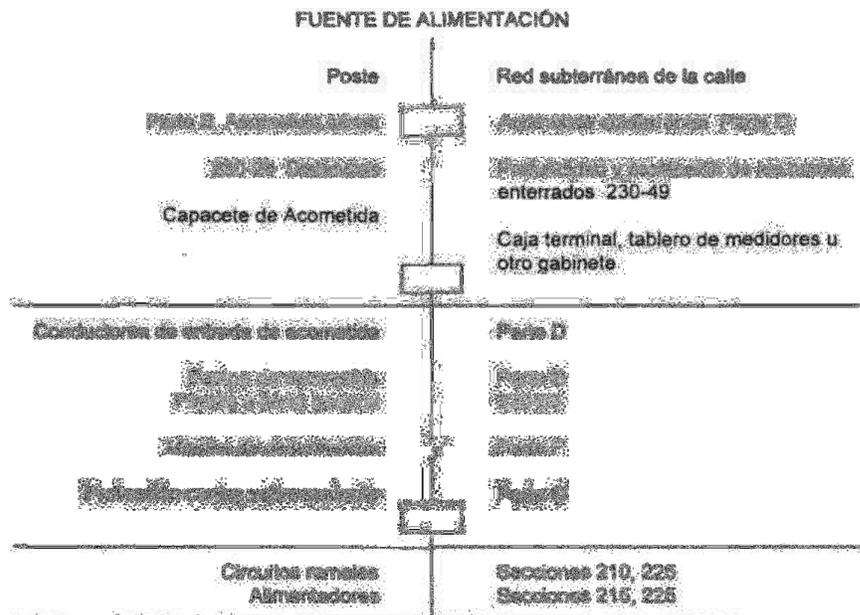
- ✓ *Seguridad:* el control tiene conexiones eléctricas que están a la intemperie, lo cual es peligroso para el operador porque está expuesto a un choque eléctrico. Además, por estar ubicado dentro del Aula, el operador no puede ver con claridad mientras se ejecutan los movimientos de las partes móviles, lo que lo hace más inseguro.
- ✓ *Coordinación:* El control está compuesto simplemente por pulsadores que ordenan una acción sin tener en cuenta las acciones previas, en otras palabras, la coordinación en los movimientos depende absolutamente del operador, lo cual no es conveniente, pues quienes van a operar el control en su mayoría son personas no calificadas para ello. Al estar sujeto sólo a las decisiones tomadas por el operador las partes móviles del Aula pueden chocar (por ejemplo, se podría ordenar que el piso abriera primero que el techo) lo que ocasionaría daños en la estructura.

- ✓ *Sencillez*: El control actual es muy grande y difícil de manejar por la cantidad de botones que tiene.
- ✓ *Estética*: Se debe mejorar la apariencia del control pues actualmente tiene mala presentación.

4.2 CIRCUITO AC

En la sección 2.2.3 se describió el estado actual del Aula Móvil en cuanto al sistema eléctrico de alimentación AC. Para verificar y diagnosticar si este sistema es seguro y cumple con los requerimientos eléctricos del Aula Móvil es necesario compararlo con la normatividad existente, que en Colombia está regida por la NTC2050. Éste código clasifica al Aula Móvil SENA en su artículo 550-4 a) como una *vivienda Móvil no destinada como unidad de vivienda*. La figura 7 es un diagrama de los elementos que deben conformar una instalación eléctrica [1].

Figura 7. Esquema de conexión eléctrica



Tomado de NTC2050, pág. 77. 1998

4.2.1 Carga Eléctrica AC. Según lo establecido en la sección 100 de la NTC2050 las cargas eléctricas pueden definirse como *continuas (3 horas o más seguidas de operación con corriente nominal)* y *no continuas (menos de 3 horas trabajando con corriente nominal)*; esto es importante para determinar el consumo total de corriente del circuito que conforma toda el Aula.

Los bancos de trabajo presentes en el Aula no tienen placa característica que especifique su consumo, ya que fueron construidos artesanalmente. Por la cantidad y el tipo de componentes eléctricos (sensores, motores 12 VDC), como se muestra en la figura 8, se estima que su consumo total no es crítico y se pueden considerar como artefactos de uso general. También hay que decir que dichos bancos de trabajo se clasifican como cargas continuas

Figura 8: Bancos didácticos de trabajo presentes en el Aula Móvil

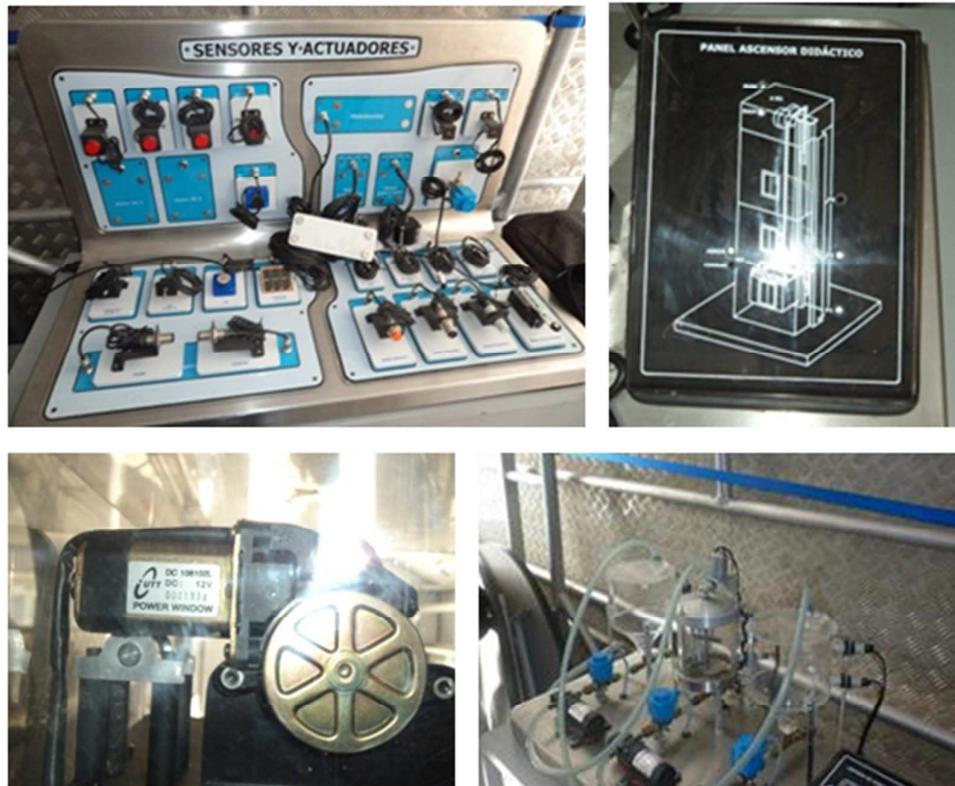


Foto tomada por Luis Marroquín con el permiso del Centro petroquímico SENA

4.2.2 Consumo Eléctrico. De acuerdo con la lista de equipos y elementos que se utilizan en el Aula descritos en la tabla 3, la figura 3 y lo establecido en la NTC2050 artículo 550-13, se obtiene el consumo total en VA, mostrado en la tabla 5.

Tabla 5. Consumo total de potencia en VA del Aula Móvil

DESCRIPCIÓN	CONSUMO UNIT [VA]	CORRIENTE NOMINAL[A]	CANTIDAD	CORRIENTE [A]	CONSUMO PARCIAL [VA]
Tomacorriente	180 ¹	1,5	12	18	2160
Tubos Fluorescentes	21.24 ²	0.36	12	4.32	254.88
Consumo Total				22.32	2414.88

La clavija de conexión que va hacia la fuente de alimentación del Aula Móvil es una dispuesta para un tomacorriente de propósito general tipo 5-15R³, lo que significa que el lugar donde se conecte el cordón de alimentación necesariamente debe tener un tomacorriente que soporte una corriente máxima de 15A. Teniendo en cuenta lo establecido en la tabla 5, se observa que el consumo total de corriente del Aula a plena carga es de 22.32A, valor que sobrepasa en 7.32A (48.8%) la corriente nominal que soporta el tomacorriente de propósito general utilizado como punto de conexión hacia la fuente de alimentación. En el caso posible que se utilicen todos los tomacorrientes a la vez se produciría una sobrecarga en el tomacorriente de alimentación AC, poniendo en riesgo la vida de las personas y el estado de funcionalidad de los equipos que se encuentran dentro del Aula o en el punto de la fuente de alimentación.

¹ En el artículo 220-3, inciso c) sub inciso 7) de la NORMA NTC2050 indica que en las salidas a tomacorrientes cada tomacorriente sencillo o múltiple debe considerarse a no menos de 180 VA.

² Las características eléctricas de los tubos fluorescente se presentan en el anexo A

³ Vease Non-Locking Plugs and Receptacles, ANSI/NEMA WD 6, pág. 24. 2002

Partiendo del valor de corriente total obtenido en la tabla 5 se evalúa el calibre del cordón de alimentación que se encuentra en el Aula Móvil. Este dato se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Calibre del cordón de alimentación actual del Aula Móvil

CORDÓN DE ALIMENTACIÓN		
I Total [A]	I Con Factor 125% [A]	Calibre Adecuado
22.32A	27.9	12 AWG

El cordón que actualmente se utiliza para la alimentación del Aula es calibre 12 AWG⁴, y no se encuentra en capacidad de soportar el consumo de corriente total a plena carga.

4.2.3 Circuito de Alumbrado.

- ✓ Iluminación. Juega un papel importante en cualquier lugar o área de trabajo, una iluminación demasiado uniforme provoca la ausencia de sombras lo que dificulta el reconocimiento de los objetos, la valoración de sus dimensiones y la distancia a la que este se encuentra del sujeto que lo observa. Por el contrario, si las fuentes de luz son muy direccionales se crean contrastes de sombra muy violenta que fatigan la vista del observador. Por lo tanto, es de vital importancia seleccionar una fuente de luz que brinde una buena y confortable visión⁵.

Para hacer un adecuado análisis de la iluminación es necesario describir el lugar de trabajo, en este caso el lugar de trabajo es el espacio resultante en la cabina trasera del Aula una vez se han extendido completamente las partes móviles. El piso del Aula es de láminas de acero galvanizado de color gris plateado y el techo es de MDF⁶ color blanco puro. El Aula no presenta paredes laterales al estar totalmente

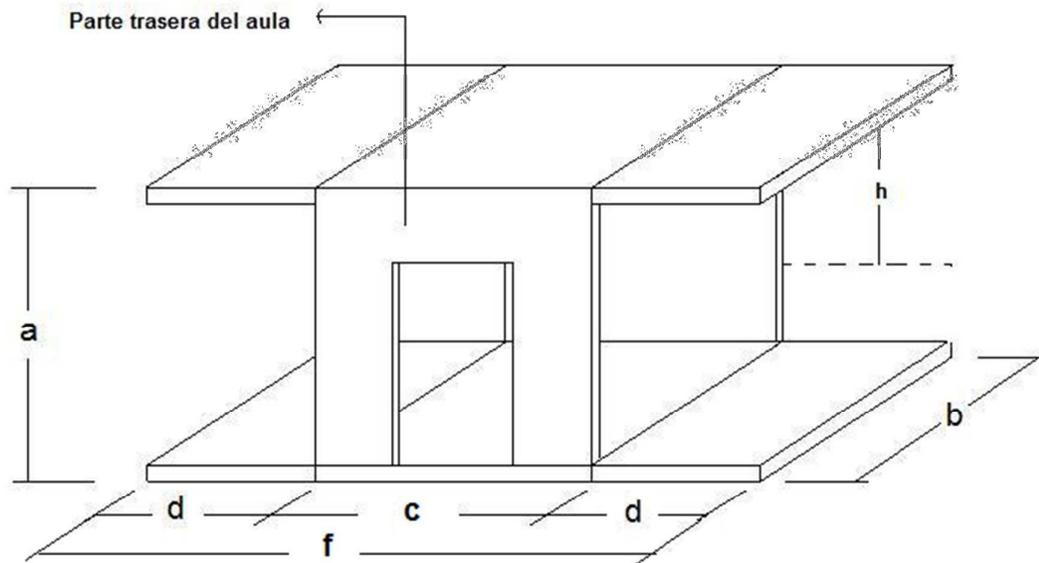
⁴ Para conductores múltiples ver tabla 310-16, cap. 3, pág. 154, NTC 2050 (primera actualización).1998

⁵ Ver libro ILUMINACIÓN INTERNA, pág. 79

⁶ El MDF usado es de madera recubierta con una película de plástico blanca.

abierta y se encuentra influenciada por la luz ambiente, por lo que solo es necesaria la iluminación artificial cuando la luz ambiente no sea suficiente para una buena visión. Las dimensiones del área de trabajo en el Aula Móvil se muestran en la figura 9.

Figura 9: Dimensiones del área de trabajo en el Aula Móvil



Esquema realizado por Jorge Zúñiga.

Donde: $a=d=h=2.3$ m, $b=5$ m, $c=2$ m, $f=6.6$ m,

A continuación se presenta la tabla 7 en la que se muestra los niveles de iluminación requeridos para un área de trabajo de acuerdo al tipo de actividad. Los valores dados en la segunda columna de la tabla (de izquierda a derecha) hacen referencia a iluminancias mantenidas (E_m)⁷. Éstos tienen en cuenta aspectos psico-fisiológicos como el confort visual y el bienestar, ergonomía visual, experiencia práctica, seguridad y economía.

Dentro de esta tabla se puede apreciar que el Aula Móvil se puede clasificar, según su funcionalidad, en cualquiera de los 3 ítem

⁷Ver libro Iluminación De Puestos De Trabajo En Interiores: ISO 8995, pág. 5. 2003.

seleccionados y resaltados en color azul, lo cual arroja una recomendación de 500 lux de iluminación en los puestos de trabajo sin importar cual sea el caso.

Tabla 7. Niveles de Iluminación.

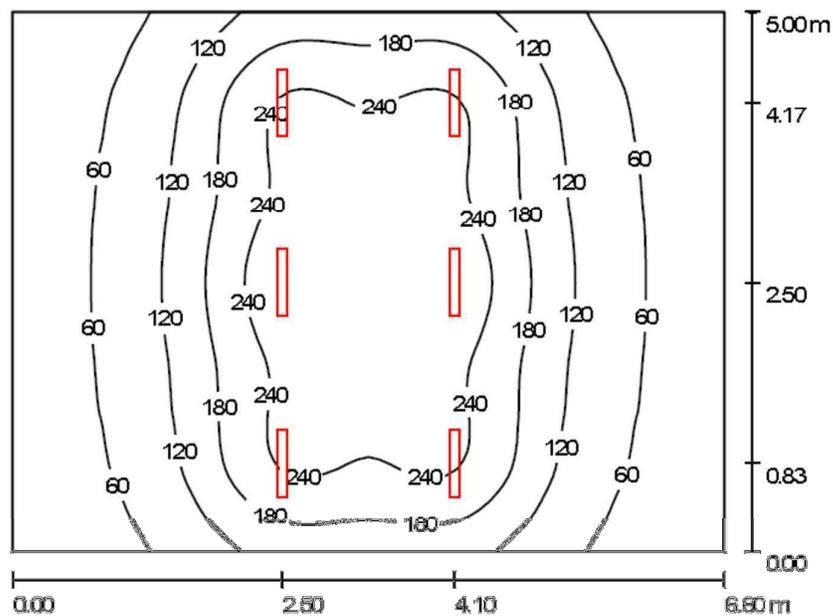
28. EDIFICIOS EDUCACIONALES				
Tipo de interior, tarea o actividad	Em (lux)	CUDL	Ra	Notas
Local de juegos (escuela)	300	19	80	
Aula de pre-escolares	300	19	80	
Aula de habilidades pre-escolares	300	19	80	
Aulas, locales de profesores	300	19	80	La iluminación debe ser controlable (regulable)
Aulas para clases nocturnas y de educación de adultos	500	19	80	
Salas de lectura	500	19	80	La iluminación debe ser controlable (regulable)
Pizarras, pizarrones	500	19	80	Evitar reflexiones especulares
Mesa de demostraciones	500	19	80	En salas de lectura, 750 lux
Locales de artes y oficios	500	19	80	
Locales de artes (en escuelas de arte)	750	16	80	T > 5000 K
Salas de dibujo técnico	750	16	80	
Locales de prácticas y laboratorios	500	19	80	
Taller de enseñanza	500	19	80	
Locales de prácticas de música	300	19	80	
Locales de prácticas de computación	500	19	80	Para el trabajo con TPV, ver 4.10
Laboratorio de idiomas	300	19	80	
Locales y talleres de preparación	500	22	80	
Locales comunes de estudiantes y salas de reuniones	200	22	80	
Locales de maestros	300	22	80	
Salas deportivas, gimnasios y piscinas	300	22	80	Para facilidades de acceso público, ver CIE 58-1983 y CIE 62-1984

Tomado de norma ISO 8995, ítem 28, pág. 25-26.

A partir de este valor de lux obtenido, que en este caso es 500, se hace un análisis para saber si la iluminación actual del Aula Móvil cumple con

el valor recomendado por la norma ISO 8995. Para ello se realizó el cálculo de los lux actuales a través del software de simulación DIALux 4.10 Light de DIAL GmbH⁸, utilizando las condiciones actuales del ambiente de trabajo, incluyendo las lámparas 2xTL-D18W de Philips, las cuáles se muestran en la figura 3. En el anexo D se encuentran los resultados de los cálculos, de los cuáles se destaca la distribución de la iluminación. Las características de la lámpara aparecen en el anexo A.

Figura 10. Distribución de iluminación en el Aula Móvil. Realizado en DIALux 4.10 Light



Como se observa en la figura 10, la distribución de lux en la zona de trabajo del Aula Móvil presenta valores muy por debajo del valor esperado con base a la clasificación de iluminación del puesto de trabajo enmarcado en la tabla 7. Esto significa que las actividades de formación que se ejecutan actualmente dentro del Aula no se realizan bajo las condiciones de iluminación adecuada, lo que puede afectar la salud visual de los aprendices, convirtiéndose en un factor potencial de incidentes y accidentes dentro de la zona de trabajo. Es por ello que se

⁸ Descargado de <http://www.dial.de/DIAL/es/dialux/dialux-4/download.html>

recomienda mejorar el sistema de iluminación por uno que garantice la iluminación adecuada para este lugar.

- ✓ Conductores. Con base al valor de corriente del circuito eléctrico del Aula, mostrado en la tabla 5 (22.32A), se selecciona el calibre de sus conductores. Para este caso el calibre obtenido, que no coincide con el encontrado en cada uno de los conductores (14 AWG), debe ser 12 AWG⁹, En caso de que se requiera, este valor del calibre del conductor se podría reducir modificando la carga del Aula Móvil, sin que esto afecte la iluminación adecuada de la misma.
- ✓ Dispositivos de Protección y desconexión. El circuito de alumbrado del Aula Móvil no presenta ninguno, lo cual hace que éste se encuentre expuesto a situaciones tales como sobrecargas, sobrecorrientes, corto circuito, falla a tierra, etc., trayendo como consecuencia el deterioro o culminación de la vida útil de las lámparas y demás equipos conectados a este circuito, sin olvidar el riesgo eléctrico al que se exponen los usuarios del Aula.

A continuación se presenta la tabla 8, en donde se expone, de manera sintetizada, el estado actual del Aula Móvil y los principales problemas encontrados, teniendo en cuenta la normatividad vigente en Colombia [1][3].

⁹ Para conductores sencillos ver tabla 310-17, cap. 3, pág. 155, NTC 2050 (primera actualización).1998.

Tabla 8. Estado actual y problemas del circuito AC del Aula Móvil con base a la norma.

ITEM	DESCRIPCION	ESTADO ACTUAL	PROBLEMAS	NORMATIVA
1	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	Se conecta el cordón a un tomacorriente de uso general en la zona donde se ubica el Aula Móvil. Su clavija es de 2 polos y 3 hilos, de 3X12 AWG	Cuando el aula está a plena carga se sobrepasa la capacidad de corriente máxima soportada por el tomacorriente	NTC2050 550-5 a) hasta h)
2	MEDIO DE ESCONEXIÓN Y DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN	No existe	No están protegidos los equipos por sobrecargas, corto circuito, falla a tierra, sobrecorrientes, etc., y no hay medio para desconectar el aula de la alimentación externa en caso de estos incidentes.	NTC2050 550-6 a)
3	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	No existe	No hay tablero de distribución	NTC2050 240-30
4	CIRCUITOS RAMALES	No existe	No existen dispositivos de protección y basándose en la norma, no existe circuito ramal	NTC2050 100
5	PUESTA A TIERRA	No existe	Daño en los equipos por falta de conexión a tierra	NTC2050 550-11
6	NIVEL DE ILUMINACIÓN	Bajo nivel de iluminación en los bancos de trabajo	Poca visibilidad de los objetos y herramientas de trabajo, lo que puede ocasionar accidentes y enfermedades visuales	ISO 8995

5. DISEÑO

5.1 CIRCUITO DC

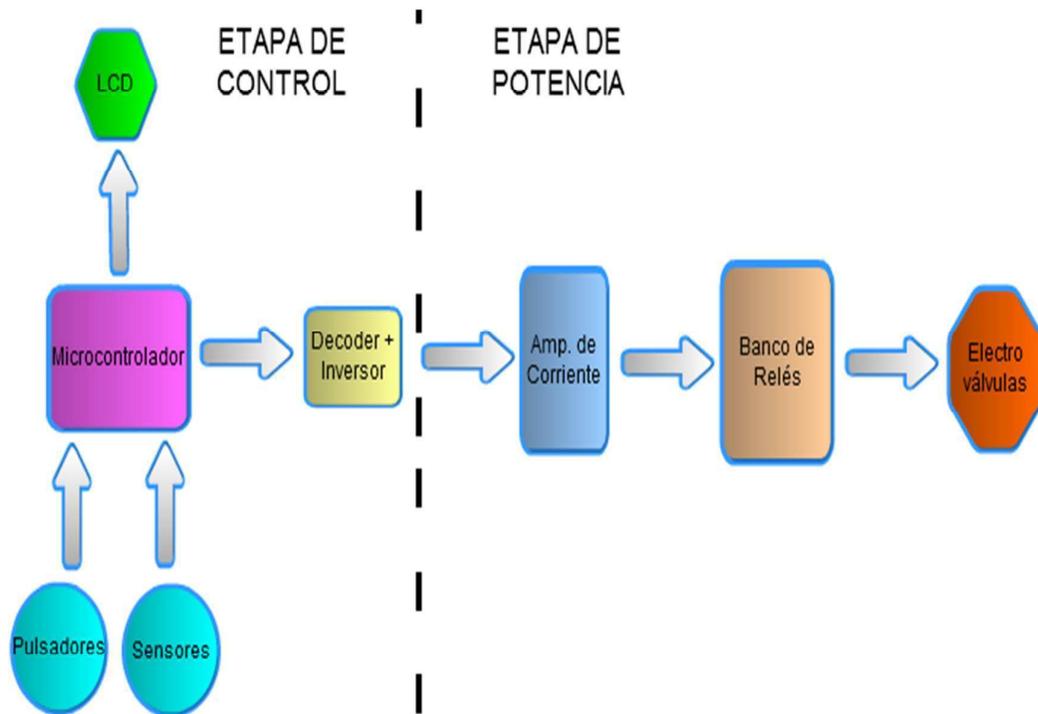
EL circuito DC que alimenta el sistema electrohidráulico del Aula Móvil funciona de acuerdo a los requerimientos con que fue diseñado.

Con respecto a las baterías y su proceso de carga, se sugiere cambiar el cargador de baterías por otro de tipo automático, para garantizar la carga óptima de las mismas.

A continuación se explicará en detalle el sistema de control diseñado para satisfacer las necesidades de coordinación de los movimientos de los cilindros hidráulicos que permiten el despliegue del Aula Móvil.

5.1.1 Control del Aula Móvil. Se diseñará e implementará un control electrónico con microcontroladores; se utilizará finales de carreras (MICROSWITCHES) para sensar la posición de cada una de las partes móviles; al igual que una pantalla LCD para mostrar un menú donde el operador seleccione la acción a realizar y cinco pulsadores para seleccionar las diferentes opciones presentes en el menú. La figura 11 muestra el diagrama de las partes en que se compone el sistema de control propuesto para el Aula Móvil. Dicho sistema se encuentra dividido en 2 partes: etapa de control y etapa de potencia. A continuación se describen en detalle cada una de ellas con sus divisiones.

Figura 11. Diagrama del Sistema de Control

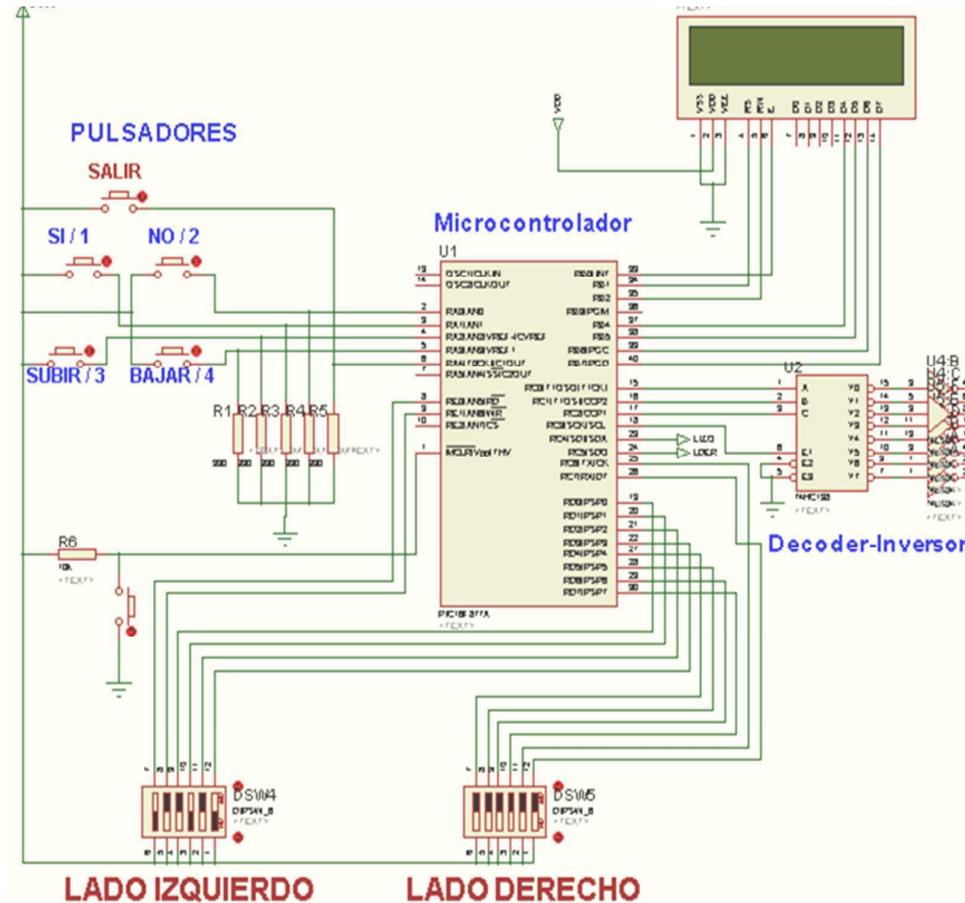


Las razones por la cuáles es necesario modificar el control del Aula Móvil actual por el que se ha propuesto son las siguientes:

- ✓ *Seguridad y coordinación:* Este nuevo sistema eliminará la dependencia del operador para coordinar los movimientos, pues solo se le preguntará que quiere hacer y por programación se evaluará si es permitido o no. Tendrá un cableado que le permitirá operar el Aula desde fuera. Como consecuencia de todo esto el control será seguro tanto para el Aula como para el operador.
- ✓ *Sencillez y estética:* El nuevo control reducirá la cantidad de pulsadores a solo cinco (5) y mucho más pequeños que los que se encuentran actualmente. Adicional a esto contará con una pantalla LCD. Todo esto reducirá tamaño del control actual y mejorará su apariencia, haciéndolo fácil de controlar y agradable al operador.

5.1.1.1 Etapa De Control. La etapa del control es la parte del circuito donde se manejan bajos voltajes (de 5 VDC), se interactúa con el operador y se toman las decisiones. La figura 12 muestra el circuito correspondiente a esta etapa, simulado en PROTEUS. Esta etapa se compone como sigue.

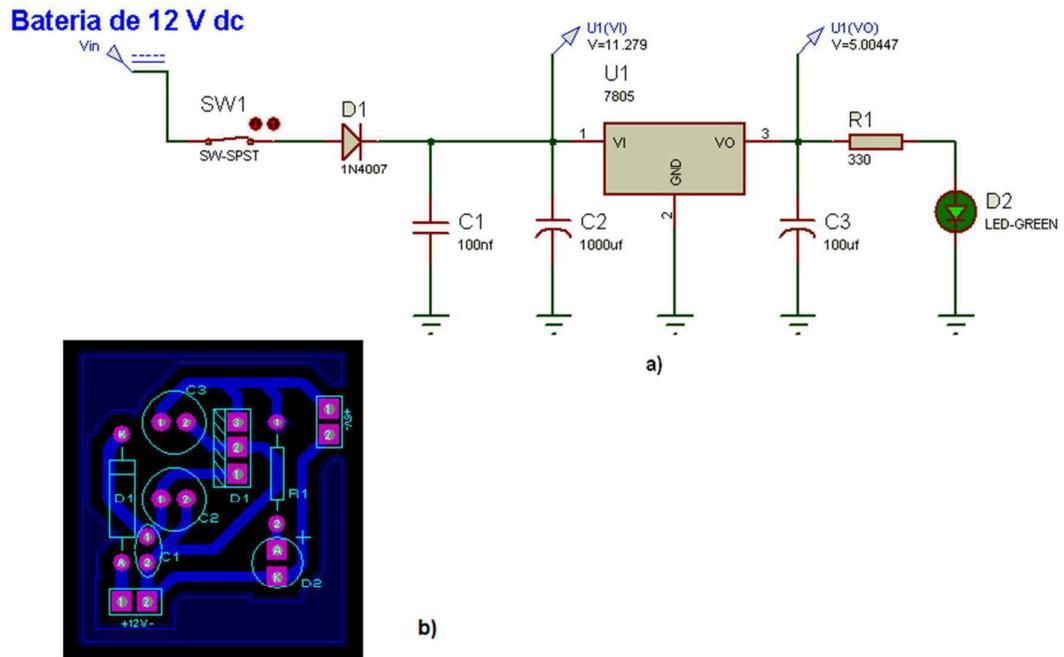
Figura 12. Etapa de Control. Simulación en PROTEUS ISIS 7.7



5.1.1.2 Regulación. El voltaje de alimentación utilizado en la etapa de control es de 5VDC, este voltaje se obtiene de una de las baterías de 12V DC. El diagrama del circuito de regulación, el circuito impreso y los materiales, se muestra en la figura 13. Como se observa, el dispositivo de regulación es el LM7805; este dispositivo soporta en la entrada hasta 35 VDC y su salida siempre es 5 VDC, como se muestra en el anexo H. Los 5 VDC se utilizan para alimentar los circuitos integrados. Adicional a lo anterior, se utiliza paralelo a la

carga de esta etapa, se utiliza un led de color verde en serie con una resistencia de 330Ω , para indicar que se está haciendo la regulación y se encuentra operando en condiciones normales.

Figura 13. a) Diagrama eléctrico del circuito de regulación y b) circuito impreso.. Simulación en PROTEUS ISIS 7.7



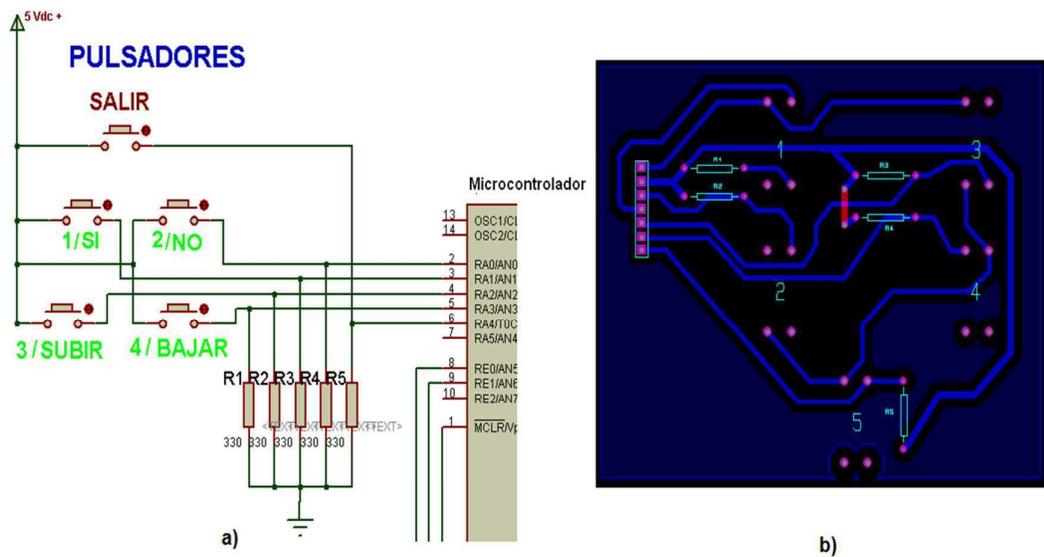
5.1.1.3 Teclado. Es la etapa del control de mando donde se encuentran los pulsadores encargados de transformar las decisiones del operador a señales eléctricas entendidas por el microcontrolador, consta de 5 pulsadores:

- ✓ 1/SI: Se presiona para seleccionar la opción 1 y responder SI a los mensajes mostrados en el display del LCD.
- ✓ 2/NO: Se presiona para seleccionar la opción 2 y responder NO a los mensajes mostrados en el display del LCD.
- ✓ 3/ARRIBA: Se presiona para seleccionar la opción 3 y responder ARRIBA a los mensajes mostrados en el display del LCD.

- ✓ 4/ABAJO: Se presiona para seleccionar la opción 4 y responder ABAJO a los mensajes mostrados en el display del LCD.
- ✓ SALIR: permite la salida de cualquier acción o decisión sobre los mensajes que se muestran en el display del LCD.

En la figura 14 se muestra un circuito con la forma de conexión de estos pulsadores al microcontrolador y su respectivo circuito impreso.

Figura 14 a) Diagrama eléctrico conexión teclado y b) circuito impreso. Simulación en PROTEUS 7.7



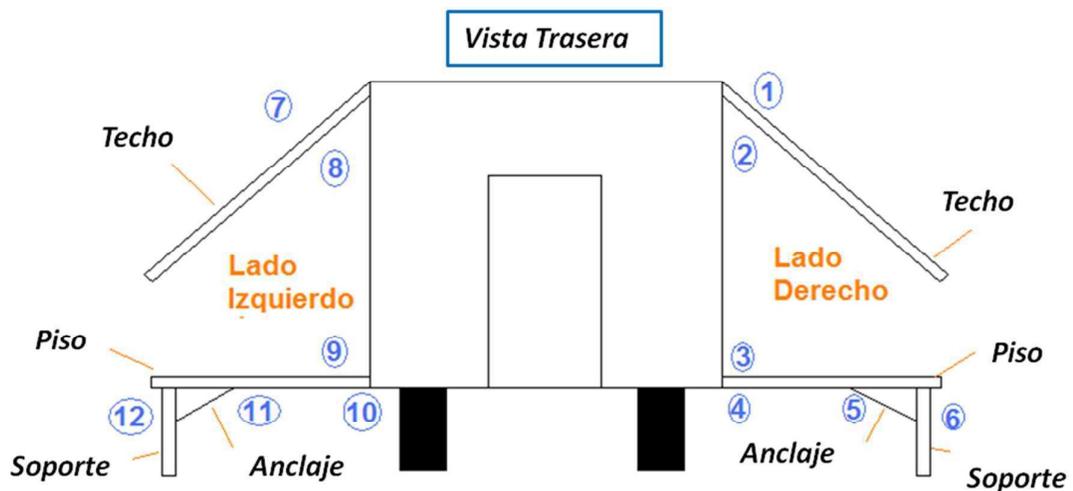
La forma de conexión de los pulsadores en la figura 18a) corresponde a la configuración de resistencias en modo *PULL UP*: mientras no se presiona el pulsador el terminal del microcontrolador está conectado directamente a tierra (0 lógico) y cuando se presiona el pulsador el terminal toma el valor de los 5 VDC (1 lógico) de alimentación.

La figura 18b) muestra el circuito impreso. Se colocará el teclado modular conectándolo a la tarjeta de la etapa de control por un bus de datos.

5.1.1.4 Sensores. Los sensores se utilizan para detectar la posición inicial y final de cada una de las partes móviles, estas señales son detectadas y enviadas al microcontrolador para que tome las decisiones respectivas, los sensores varían de acuerdo a su principio de funcionamiento, podemos encontrar entre los más utilizados sensores inductivos, capacitivos y mecánicos. Para este caso en especial se utilizarán sensores mecánicos, específicamente MICROSWITCHES, debido a que son más económicos, además de que necesitan un contacto físico para ser activados, lo que los hace ideales para este tipo de aplicación debido a que se requiere sensar la posición con una distancia mínima.

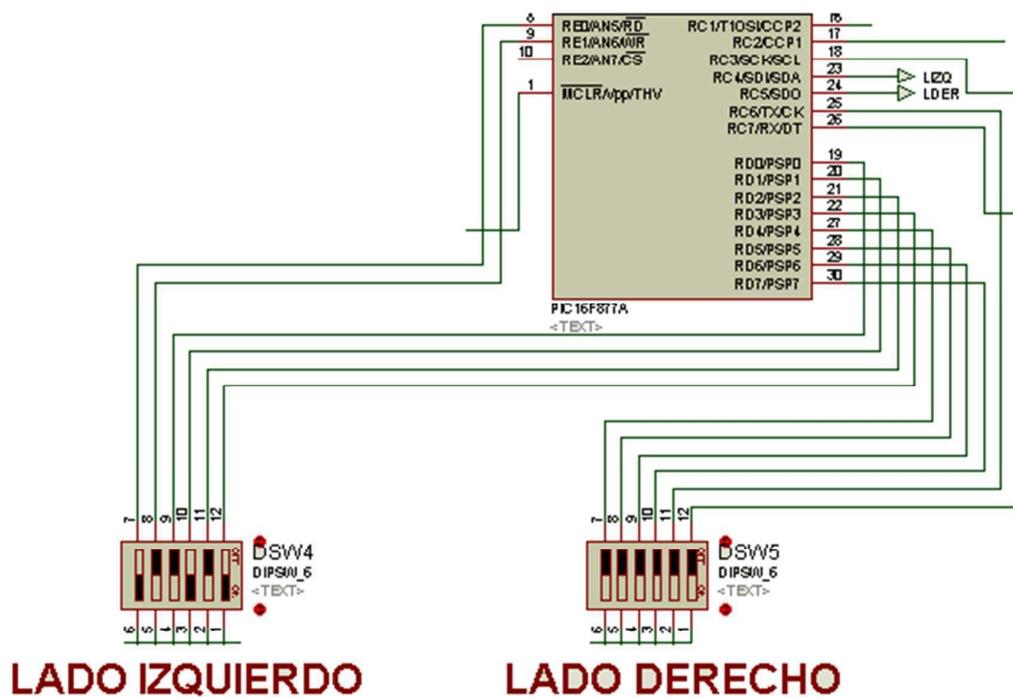
La ubicación de los sensores en Aula Móvil se muestra en la figura 15. En total son 12. La hoja característica de estos sensores se encuentra en el anexo I.

Figura 15: Esquema de ubicación de los sensores



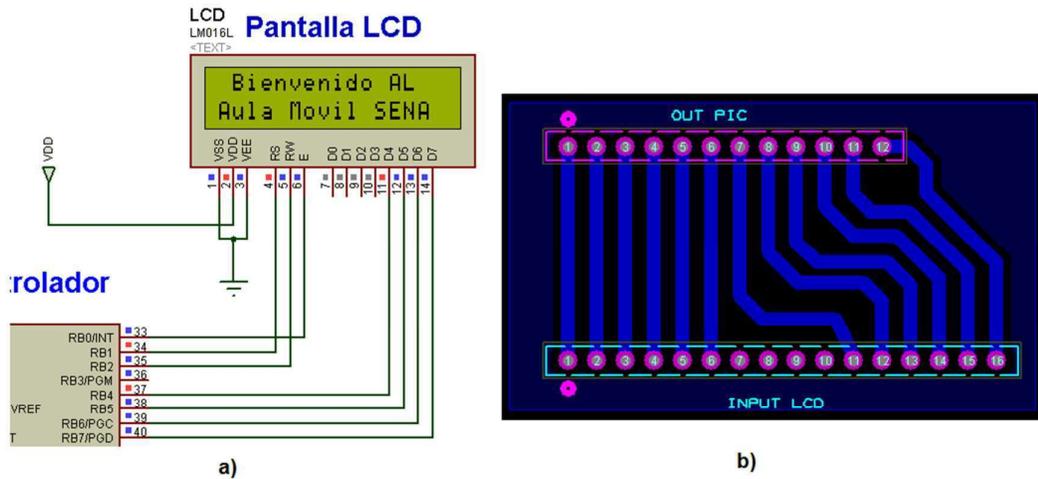
Las conexiones de cada uno de los sensores al microcontrolador se muestran en figura 16. Para efectos de simulación, se remplazaron los sensores por interruptores.

Figura 16. Simulación con conexión de sensores. Simulación en PROTEUS ISIS 7.7



5.1.1.5 LCD (*Liquid Cristal Display*). Las pantallas de cristal líquido LCD o display LCD tienen la capacidad de mostrar cualquier carácter alfanumérico, permitiendo representar la información que genera cualquier equipo electrónico de una forma fácil y económica. El LCD muestra al usuario las opciones de operación y dirige la navegación por el programa en el microcontrolador. El LCD utilizado será elTC1602A-01T de 2X16 caracteres, trabajando en comunicación de 4 bits. Las especificaciones eléctricas de este dispositivo se muestran en el anexo J. La Figura 17 muestra el diagrama de conexión del LCD con el PIC.

Figura 17. a) Conexión PIC–LCD y b) circuito impreso. Simulación en PROTEUS 7.7



5.1.1.6 Unidad de Proceso. Es el dispositivo más importante del control de mando, es el cerebro. Contiene información suficiente para tomar las decisiones del proceso y ejecutarlas de acuerdo a su algoritmo de programación. Para seleccionar la unidad de proceso adecuada se tiene en cuenta como primera medida la cantidad de pines (entradas y salidas) que se necesitan, la capacidad de memoria y características eléctricas del dispositivo. Para este control las entradas y salidas necesarias aparecen en la tabla 9.

Tabla 9. Cantidad de pines requeridos.

	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
ENTRADAS	Pulsadores	5
	Sensores	12
	Reset	1
SALIDAS	Relés	10
	LCD	8
TOTAL DE PINES		34

Dentro de las posibles opciones a escoger como unidad de proceso se encuentra el PLC, el microprocesador y el microcontrolador. Cada uno de ellos

es capaz de brindar las entradas y salidas necesarias, cumplir con los requerimientos de memoria y disponer de facilidad para conectarse a alimentación DC. La figura 18 muestra las posibles opciones unidad de proceso.

Figura 18. Opciones de Unidades de Proceso del sistema de control: PLC, microprocesador y microcontrolador



Elementos de trabajos usados en los laboratorios del SENA

Al Tener en cuenta la relación costo/beneficio, la unidad de proceso seleccionada es el microcontrolador. El microcontrolador comercial, económico, que cumple con los requerimientos descritos anteriormente es el PIC16F877A. Su hoja característica se muestra en la tabla 14.

Con base a sus datos técnicos se encuentra que el PIC16f877A tiene 5 puertos programables de E/S que suman 33 pines. Estos pines se pueden usar como entradas o salidas. Adicionalmente, hay 4 pines para alimentación, dos para osciladores y uno para Reset. Su capacidad de memoria de programación permite desarrollar y guardar en él la secuencia de programación que coordine el correcto movimiento de los cilindros.

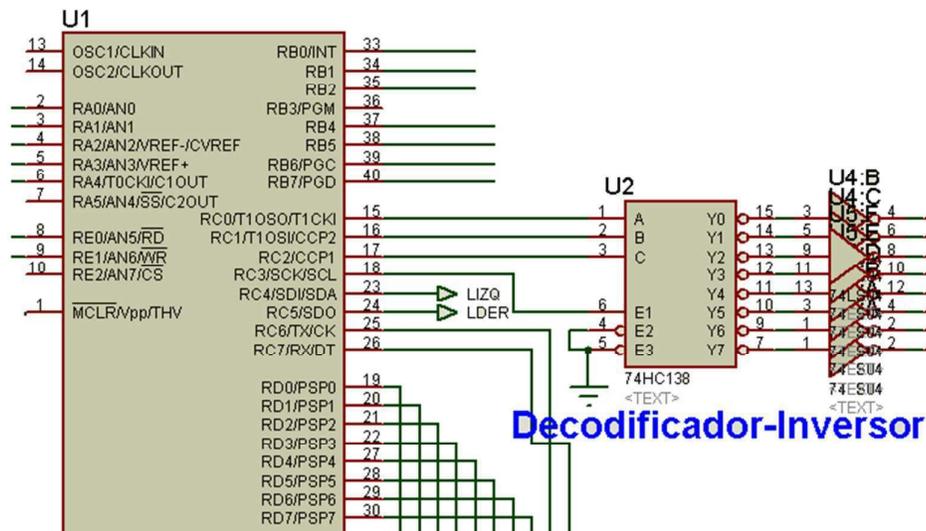
Tabla 10. Principales características del PIC16F877A.

	Descripción	Características
Procesador	Núcleo	RISC. Arq. Harvard. 20 MHz. 5MIPS
	Interrupciones	14 fuentes posibles de interrupción
	Reloj	0-20 MHz.
	Reset	Master Clear. Brown Out. Watchdog. Power On
	Instrucciones	35 instrucciones de 14 bits
Memoria	M. de programa	8K palabras de 14 bits
	M. de datos RAM	368 registros de 8 bits
	M. de datos EEPROM	256 registros de 8 bits
	Pila	8 palabras de 13 bits
	M. de datos ext. EEPROM	Hasta 256 Kbytes
Periféricos	Puertos programables de E/S	Hasta 33 bits, pueden ser usados por otros periféricos
	Timers/Counters	Dos de 8 bits y uno de 16 bits
	Puertos de captura/comparación de datos	Dos de 8 bits y uno de 16 bits
	Moduladores de ancho de pulso(PWM)	Dos de 8 bits y uno de 16 bits
	Convertor Analógico Digital de 10 bits	Con un MPX de 8 canales para 8 entradas diferentes
	Puerto serie síncrono	Configurable en modo SPI e I2C
	USART	Para conexiones RS232
	Parallel Slave Port	8 bits + 3 bits de control

Realizada con base a datos del datasheet del PIC16F877A. MICROCHIP.

Con el fin de optimizar la programación en el microcontrolador y reducir el uso de sus pines se decide utilizar un decodificador de 3 a 8. Con esto se usan solo 3 pines del microcontrolador partiendo del hecho de que se seleccionan o activan solo uno de los 8 relés conectados a las electroválvulas. En la figura 19 aparece junto al microprocesador el decodificador seleccionado: el 74HC138. Sus características técnicas se encuentran en el anexo K. Las salidas de este decodificador son en BAJO, por lo que se coloca una compuerta lógica tipo inversor, de referencia 74LS04 para obtener salidas en ALTO. Las características técnicas de esta compuerta lógica se encuentran en el anexo L.

Figura 19. Diagrama de conexión Microcontrolador-decodificador – inversor.
 Simulación en PROTEUS 7.7



5.1.1.7 Programación: Para programar el microcontrolador se utiliza el software PCWHD Compile versión 4.068. Algunas características de este compilador son:

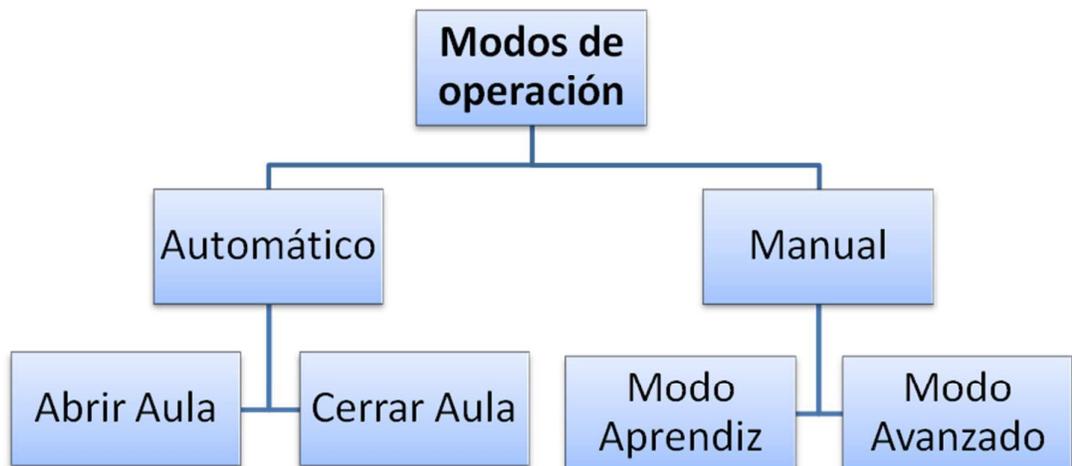
- ✓ Al compilar genera un código máquina compacta y eficiente.
- ✓ Se integra perfectamente con MPLAB y otros simuladores/emuladores como PROTEUS para el proceso de depuración.
- ✓ Incluye una biblioteca muy completa de funciones pre compiladas para el acceso al hardware de los dispositivos (entrada/salida, temporizaciones, conversor A/D, transmisión RS-232, bus I2C, etc).
- ✓ Incorpora drivers para dispositivos externos, tales como pantallas LCD, teclados numéricos, memorias EEPROM, conversores A/D, relojes en tiempo real, etc.(los drivers son pequeños programas que sirven de interfaz entre los dispositivos hardware y nuestro programa).

- ✓ Permite insertar partes de código directamente en Ensamblador, manteniendo otras partes del programa en C.

El lenguaje C estándar es independiente de cualquier plataforma. Sin embargo, para la programación de microcontroladores es necesario disponer de determinados comandos que se refieran a partes específicas de su hardware, como el acceso a memoria, temporizadores, etc. Por este motivo, además de los comandos, funciones y datos del lenguaje ANSI C, el compilador PCWHD incluye bibliotecas que incorporan determinados comandos que no son estándar, sino específicos para la familia de Microcontroladores PIC [6] [7].

En la figura 20 se muestra la estructura del programa desarrollado para controlar el Aula Móvil y en el ANEXO N se encuentra el programa completo.

Figura 20: Estructura del programa.

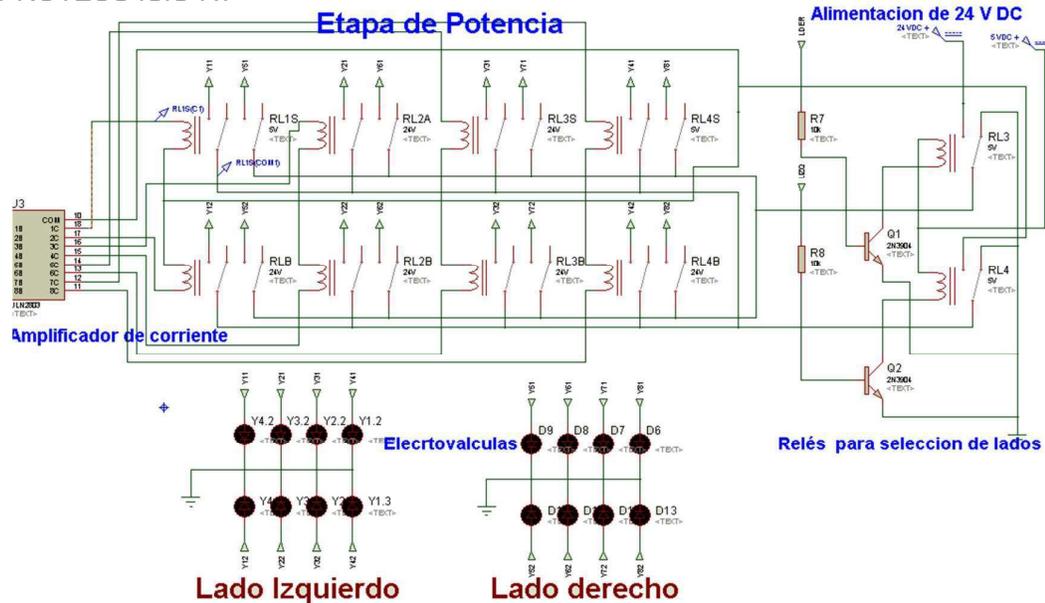


Al Tener en cuenta los criterios de diseño definidos con anterioridad se desarrolla un programa con la estructura mostrada en la figura 20. El algoritmo de programación inicia con un mensaje de bienvenida, posteriormente se muestra el menú principal donde se puede seleccionar entre dos modos de operación: Manual y Automático.

- ✓ Modo Automático: En este modo de operación el usuario puede escoger la opción de abrir o cerrar el Aula; cualquiera de estas opciones se ejecuta con solo presionar un botón y están delimitadas por el estado de los sensores que se encuentran ubicados estratégicamente en la estructura física del Aula Móvil, esto es, el programa contiene una secuencia de ejecución que se debe respetar para llevar a cabo su consecución. Por ejemplo, si se selecciona la opción de abrir el Aula, el programa iniciará con la inspección del estado de los sensores, tomando primeramente el estado del sensor del techo seleccionado (sea izquierdo o derecho), seguido a esto el estado del sensor del piso y así sucesivamente
- ✓ Modo Manual: En este modo de operación el usuario puede seleccionar entre Modo Aprendiz y Modo Avanzado.
 - Modo Aprendiz: Está diseñado para usuarios inexpertos, es un modo de operación seguro en el que cualquier decisión que tome el usuario es evaluada por el algoritmo de programación y este decide si se ejecuta o no con base al estado de los sensores.
 - Modo Avanzado: Está diseñado para usuarios expertos con conocimientos sobre el funcionamiento hidráulico del Aula, le permite realizar los movimientos de las partes móviles libremente sin tener en cuenta el estado de los sensores.

5.1.1.8 Etapa de potencia. La etapa de potencia es la etapa del circuito donde están ubicados los actuadores finales (en este caso electroválvulas), estos dispositivos son los que tienen mayor consumo de corriente y generan ruido eléctrico al los equipos digitales utilizados en la etapa de control, por ese motivo se requiere un tipo de aislamiento y un manejo especial de este tipo de corriente. El circuito general de la etapa de potencia es el de la figura 21.

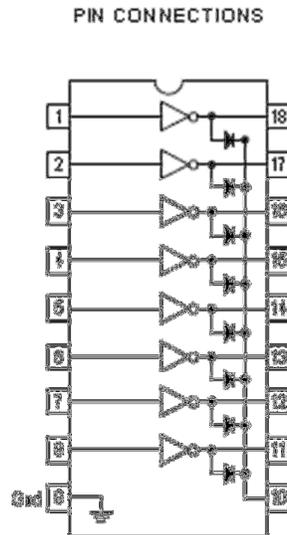
Figura 21. Circuito de Potencia. Acondicionamiento señal a relé. Simulación en PROTEUS ISIS 7.7



5.1.1.9 Amplificador de corriente. A raíz de que en la etapa de control se manejan corrientes y voltajes pequeños, del orden de tantos mA y unos cuantos voltios, es necesario amplificarlos con el fin de alcanzar la energía eléctrica necesaria para excitar los relés que activan las electroválvulas.

Para llevar a cabo lo anterior se utiliza el circuito integrado ULN2803, el cual es un amplificador de corriente en configuración Darlington. El máximo voltaje que puede entregar por cada uno de sus pines destinados como salidas es de 50 VDC, suministrando 500 mA por cada uno de ellos. En el anexo M se encuentra la hoja de datos de este circuito integrado y en la figura 22 se muestra su esquema interno.

Figura 22. Esquema interno del amplificador de corriente



Tomado de ULN2803: Octal High Voltage, High Current Darlington Transistor Arrays. Motorola.pdf

5.2 Circuito AC

Después del diagnóstico de las instalaciones eléctricas obtenidos en la sección 3, se procede a dar una solución a los problemas encontrados teniendo en cuenta tanto la seguridad del usuario como todas las condiciones de operación del Aula, todo esto teniendo como base los estándares y normas pertinentes.

5.2.1 Carga eléctrica. En la tabla 3 se dio a conocer el número de equipos presentes en el Aula. En la figura 3 mostró la cantidad de lámparas y tomacorrientes. Se puede decir entonces que se encuentra sobredimensionado el número de tomacorrientes debido a la cantidad total de equipos que se conectan, por lo que se reduce su número a ocho (8) para disminuir la carga eléctrica y garantizar la posibilidad de conectar otros equipos. Asimismo, la potencia de las seis lámparas será modificada de 18W a 28W. Este cambio en

la potencia es con el fin de obtener la iluminación requerida dentro del Aula Móvil, procedimiento que será explicado en la sección 5.2.8.

A raíz de lo anterior se obtiene el siguiente consumo total en VA teniendo en cuenta la normatividad establecida en la NTC2050 artículo 550-13

Tabla 11. Carga eléctrica del Aula Móvil

DESCRIPCION	CONSUMO UNIT [VA]	CORRIENTE NOMINAL[A]	CANT.	CORRIENTE TOTAL [A]	CONSUMO PARCIAL [VA]
Tomacorriente	180	1,5	8	12	1440
Tubos Fluorescentes	28,22 ¹⁰	0,17	12	2,04	338,64
CONSUMO TOTAL				14,04	1778,64

Comparando el consumo total actual del Aula, presentado en la tabla 5, con el consumo propuesto, mostrado en la tabla 11, se observa que

$$Ahorro(I) = \frac{22.32A - 14.04A}{22.32A} \times 100\% = 37.1\%$$

La corriente total a plena carga del Aula Móvil se redujo de 22.32A a 14.04A, o lo que es lo mismo, se obtuvo un ahorro energético del 37.1% con respecto al valor actual.

5.2.2 Circuitos ramales. De acuerdo con lo establecido en el artículo 550-7 en los apartados a)-c) de la NTC2050 se determinan el número de circuitos ramales de alumbrado que debe tener el sistema eléctrico del Aula. El procedimiento es el que sigue:

¹⁰ Las características de la lámpara tipo T5 de 28W se encuentran en el anexo F.

$$\#cto\ ramales = \frac{\frac{32VA}{m^2} \times largo(m) \times ancho(m)}{120V \times 15A} = \frac{\frac{32VA}{m^2} \times 5m \times 6.6m}{1800VA} = 0,6 \approx 1$$

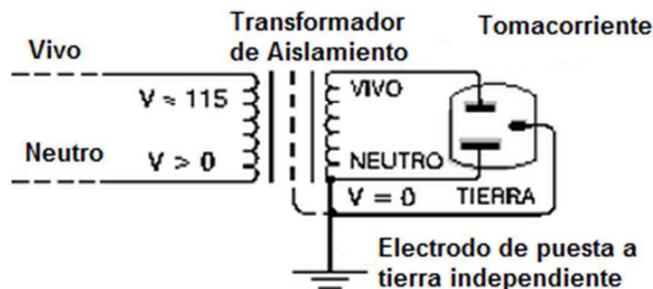
Donde 32VA/m² es la carga por unidad de área que establece la norma NTC2050 para colegios en su tabla 220-3.b).

Con base a este resultado se recomienda tener solo un circuito ramal de 15 A para alumbrado. En dicho circuito ramal se pueden conectar los demás equipos presentes en el Aula Móvil, siempre y cuando los tomacorrientes sean de propósito general, como es el caso¹¹.

Con base al valor de corriente total del circuito ramal, presentado en la tabla 11, se selecciona el calibre de los conductores. Para este caso los tres conductores (línea, neutro y tierra) son de calibre 14 AWG¹² colocado en conduit metálico para protegerlos de factores como polvo, humedad, corrosión.

5.2.3 Transformador de aislamiento. Para obtener una adecuada alimentación de AC con base a la norma NTC 2050 se hará necesaria la presencia de un transformador de aislamiento entre la fuente de alimentación y la carga, que en este caso es el Aula Móvil.

Figura 23. Esquema de un transformador de aislamiento.



Tomado de <http://lugatic.com/CONTENIDO/INFO%20TIC/ups/instalaciones-electricas-pc.htm>

¹¹ Ver artículo 220-3.b) y tabla 220-3.b)

¹² Ver tabla 310-17, cap. 3, pág. 155, NTC 2050 (primera actualización).1998. Leer nota debajo de la tabla.

El transformador de aislamiento protege los equipos electrónicos sensibles contra el ruido eléctrico, cuando la conexión eléctrica se hace directamente a la red sin ningún tipo de regulación. Adicionalmente, está equipado con una pantalla electrostática que elimina las señales de alta frecuencia entre la línea de la red y la tierra.

Para seleccionar la potencia del transformador de aislamiento es necesario saber cuál ha de ser el consumo del Aula Móvil. En la tabla 11 mostrada anteriormente se encuentra el consumo total en Amperios y en Watts, de 14,04 y 1778,64, respectivamente. Por tanto, el transformador de aislamiento debe estar en capacidad de entregar mínimo la potencia total del sistema.

Otro punto importante para seleccionar el transformador es el factor K, que hace referencia a la cualidad del transformador de reducir los efectos originados por las corrientes armónicas de cargas no lineales. El factor K no es más que un índice de capacidad del transformador para soportar un contenido armónico en su corriente de carga mientras se mantiene dentro de sus límites de temperatura de funcionamiento. Dicho factor tiene una clasificación, de conformidad con las normas ANSI / IEEE C57.110-1986 de la siguiente manera[5]:

- ✓ K-1: Evaluación de cualquier transformador convencional que está diseñado para soportar los efectos del calentamiento por las pérdidas normales y las pérdidas adicionales producto de corrientes parásitas resultantes de 60 Hertz, con el transformador cargado con corriente sinusoidal.
- ✓ K-4: El transformador está en capacidad de suministrar KVA nominal, sin sobrecalentarse, a una carga consistente en 100% de la frecuencia normal de 60 Hertz. El número 4 indica su capacidad para soportar cuatro veces las pérdidas por corrientes parásitas con referencia a un transformador de K-1.

- ✓ K-9: Un transformador K-9 puede soportar 163% de la carga armónica de un transformador clasificado tipo K-4.
- ✓ K-13: Un transformador de K-13 puede soportar 200% de la carga nominal armónica de un transformador clasificado de K-4.
- ✓ K-20, K-30, K-40: El número más alto de cada una de estas clasificaciones del factor K indica la capacidad de trabajar con cantidades sucesivamente mayores de niveles de armónicos de la carga.

La tabla 12 muestra un ejemplo de selección del transformador de aislamiento con base a los equipos de trabajo¹³.

Tabla 12. Factor K con base a la carga.

CARGA	FACTOR K
Iluminación con lámparas de descarga	K-4
UPS con opcional filtro de entrada	K-4
Máquinas de soldadura	K-4
Equipos de calentamiento por inducción	K-4
PLCs y controles de estado sólido	K-4
Equipos de telecomunicación	K-13
UPS sin filtros de entrada	K-13
Alimentación de receptáculos con cableado múltiple por lo general con herramientas para el cuidado de la salud y las aulas de las escuelas, etc.	K-13
Fuentes de los circuitos con receptáculos de cableado múltiple para equipos de inspección y pruebas en los sectores productivos o líneas de producción	K-13
Las cargas de los servidores (mainframe)	K-20
Drivers de estado sólido para motores (Drivers variadores de velocidad)	K-20
Alimentación del circuito con receptáculos en áreas claves de seguridad y salas de cirugía, recuperación de hospitales	K-20

Tomado de <http://www.indusul.com/index.php?/es/especiais/factor-k.html>

Con base a la anterior tabla, la clasificación que corresponde con el Aula Móvil es la que indica el factor K-13, sombreado en color azul.

¹³Rescrito con el permiso de EDI Magazine

Con esto se puede decir que el transformador de aislamiento que se amolda a las necesidades eléctricas del Aula Móvil es uno de 2KVA, monofásico, con tensión de entrada 120V, relación 1:1 y con factor K-13.

5.2.4 Sistema de puesta a tierra. Tiene como finalidad proteger los equipos conectados a una instalación eléctrica y salvaguardar la vida de las personas que se encuentran cerca o en contacto con ella. Esta definición también es válida para aquellas instalaciones presentes en viviendas móviles. El artículo 550-11 de la norma NTC 2050 explica la manera adecuada en que se debe realizar un sistema de puesta a tierra para la clasificación a la que hace parte el Aula Móvil. Este procedimiento se resume en lo siguiente: Todos los equipos que se encuentran en el Aula Móvil se deben conectar a un punto equipotencial como una barra de puesta a tierra en su panel de distribución. Dicha barra se debe conectar al conductor de puesta a tierra¹⁴ y éste a su vez al electrodo de puesta a tierra¹⁵.

La selección del conductor de puesta a tierra utilizado para el Aula Móvil se hace con base la tabla 13.

Al ser el calibre del mayor conductor menor a 2 AWG, el calibre que corresponde al conductor de puesta a tierra es de 8 AWG, para el caso de que sea de cobre; o 6 AWG, para el caso de que sea aluminio. Esto se evidencia en la tabla mencionada, resaltado en azul.

En relación al electrodo de puesta a tierra, el artículo 250-83.c) establece una longitud mínima para electrodos de barras y tuberías de 2,40 m y una sección transversal dependiendo del material y forma del electrodo, de la siguiente manera: para barras de hierro o acero el diámetro mínimo será de 16 mm; para tubos o conductos el diámetro mínimo será de 19 mm. Los mismos valores enunciados aplican en la actualidad al utilizar varillas o tubos de cobre.

¹⁴ Ver sección 100, pág. 31. NTC 2050. 1998

¹⁵ Ver sección 100, pág. 32. NTC 2050. 1998

La parte h de la sección 250 de la NTC 2050 define las condiciones de instalación del electrodo de puesta a tierra.

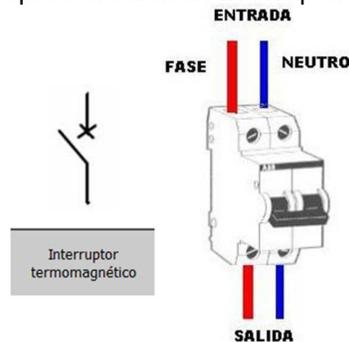
Tabla 13. Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de AC.

Sección Transversal del mayor conductor de acometida o su equivalente para conductores en paralelo				Sección transversal (calibre) del conductor al electrodo de puesta a tierra			
Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre		Cobre		Aluminio o aluminio revestido de cobre*	
mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
33,62 o menor	2 o menor	53,5 o menor	1/0 o menor	8,36	8	13,29	6
42,2 o 53,5	1 o 1/0	67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	13,29	6	21,14	4
67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	107,21 o 126,67	4/0 o 250 kcmil	21,14	4	33,62	2
107,21 hasta 177,34	4/0 hasta 350 kcmil	152,01 a 253,35	300 a 500 kcmil	33,62	2	53,5	1/0

Tomado de tabla 250-94, pág. 122. NTC 2050. 1998

5.2.5 Dispositivo de protección y medio de desconexión. Con base al consumo de corriente del circuito ramal del Aula Móvil ($I=14,04A$) se recomienda colocar un interruptor termo-magnético monofásico como mecanismo de protección y desconexión justo antes de donde inicia el cordón de alimentación dentro del Aula y después del transformador de aislamiento. Dicho equipo tiene como finalidad proteger los conductores de las instalaciones y las cargas presentes en ellas frente a sobrecorrientes producidas por sobrecargas o cortocircuitos. Asimismo, salvaguarda la vida de las personas que se encuentran dentro o cerca del Aula Móvil. Esto se hace con el fin de dar cumplimiento al artículo 550-6. a) de la NTC2050. Es por ello que el dispositivo de desconexión debe ser de 120V, 15A con base a lo enunciado en el artículo 550-6 b) de la norma NTC2050. Un ejemplo de éste se muestra en la figura 24.

Figura 24. Símbolo y representación de interruptor automático tipo termomagnético



Tomado de <http://portalelectricos.com/retie/cap2art11.php> y http://yoreparo.com/foros/files/termomagn_tica_bipolar.jpg

5.2.6 Cordón de Alimentación. Con base a los requerimientos de consumo eléctrico generado por las cargas del Aula Móvil (ver tabla 11) se observa que el cordón de alimentación actual (ver tabla 6 y figura 2), cumple con las condiciones de operación de soportar la corriente del Aula Móvil a plena carga.

5.2.7 Fuente de Alimentación. La fuente de alimentación para el Aula Móvil será cualquier lugar en donde se encuentre un tomacorriente de propósito general que permita conexión a una clavija tipo 5-15R¹⁶, acorde con la norma NEMA. Dicho tomacorriente debe soportar una corriente nominal de 15A. Un ejemplo de ello se muestra en la figura 25.

Figura 25. Tomacorriente de propósito general para clavija tipo 5-15R



**NEMA:
5-15R**

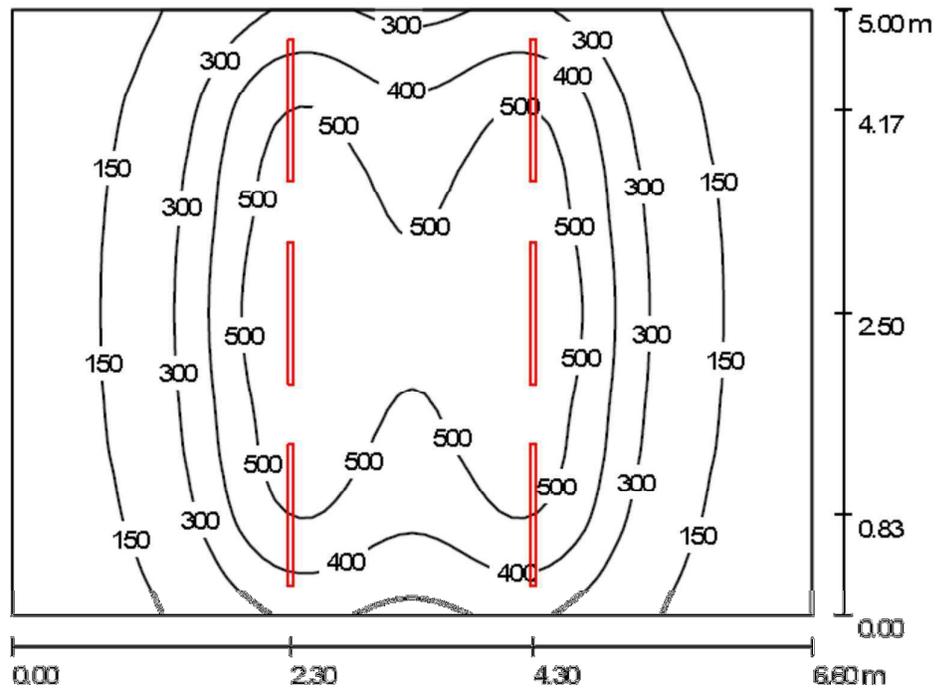


Foto tomada de <http://www.leviton.com/>

¹⁶Vease Non-Locking Plugs and Receptacles, ANSI/NEMA WD 6, pág. 24. 2002

5.2.8 Iluminación. Para obtener la iluminación de 500 lux en cada uno de los puestos de trabajo dentro del Aula Móvil y en cumplimiento de la norma ISO 8995 se realizó un nuevo cálculo de iluminación con el software de simulación DIALux 4.10 Light, usando esta vez lámparas tipo T5 2X28W de Philips y utilizando la misma distribución de éstas dentro del Aula. Los resultados se encuentran en el anexo E, de los cuáles se destaca la información mostrada en la figura 26. Las características de la lámpara aparecen en el anexo F.

Figura 26. Distribución de iluminación propuesta para el Aula Móvil. Realizado en DIALux 4.10 Light



Como se puede observar en la figura 26, el uso de una lámpara de mayor potencia permite obtener el valor propuesto de luxes. Aunque en los bordes de dicha zona no se alcanza a obtener los 500 lux deseados, por lo menos se tiene una amplia zona donde se garantiza dicho valor, y es en ella en donde se colocarán los bancos de trabajo para impartir la formación.

Aunque el Aula Móvil no presenta paredes cuando se encuentra totalmente desplegada, la iluminación natural y la artificial presente alrededor contribuyen a mejorar la iluminación en los bordes de la misma.

El hecho de utilizar la misma configuración de las lámparas se debe principalmente a su facilidad de instalación, evitando así modificar estructuras críticas dentro del Aula Móvil.

Otro aspecto a tener presente es la temperatura de color de las lámparas. Con base a sus características técnicas, mostradas en el anexo F, se observa que es de 4100K, lo que las clasifica como lámparas con luz blanca y con apariencia fría¹⁷, adecuadas para las actividades a desarrollar dentro del Aula Móvil.

También se debe tener en cuenta otra característica técnica como es el Índice de Rendimiento Cromático (IRC o Ra), que en este caso es de 82, clasificando las lámparas con un rendimiento cromático *bueno*¹⁸. Lo anterior se evidencia en la tabla 12, en donde se muestra la clasificación del IRC dada por la CIE¹⁹ para los diferentes espacios de trabajo.

La opción remarcada en azul en la tabla 14 muestra la clasificación de los lugares en los que se recomienda usar la lámpara propuesta para la iluminación del Aula Móvil, lo cual demuestra que ha sido acertada su elección para usarse dentro las instalaciones del ambiente de trabajo.

¹⁷ Ver *Tonalidad de la luz y temperatura de color*, pág. 42. ILUMINACIÓN INTERNA. VITTORIO RE,1989

¹⁸ Ver *Tonalidad de la luz y temperatura de color*, pág.43. ILUMINACIÓN INTERNA. VITTORIO RE,1989

¹⁹ Comisión Internacional de Iluminación.

Tabla 14. Apariencia de color y rendimiento en color en diferentes espacios de trabajo.

GRUPO	IRC	APARIENCIA	APLICACIONES
1	IRC \geq 85	Fría	Industria textil, fábricas de pinturas, talleres de imprenta
		Intermedia	Escaparates, tiendas, hospitales
		Cálida	Hogares, hoteles, restaurantes
2	70 \leq IRC \leq 85	Fría	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas cálidos)
		Intermedia	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas templados)
		Cálida	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, ambientes industriales críticos (en climas fríos)
3	IRC $<$ 70 y propiedades de rendimiento en color aceptables para su uso en locales de trabajo		Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
S (ESPECIAL)	Lámparas con rendimiento en color fuera de lo normal		Aplicaciones especiales

Tomado de <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/conceptos-alumbrado-interior.html>

En resumen, el circuito eléctrico AC que cumple con lo especificado en toda la sección 5.2 se muestra en el anexo G.

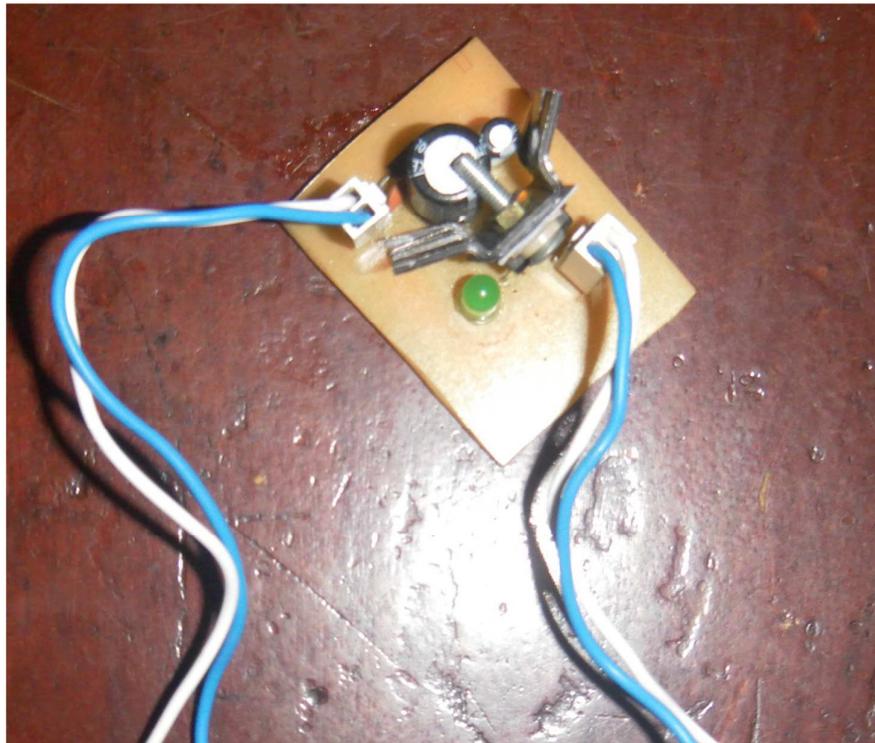
6. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBA

Con base en el diseño del sistema de control planteado en el capítulo 4, se realizó el montaje del mismo.

A continuación se presenta cada una de las partes del sistema de control.

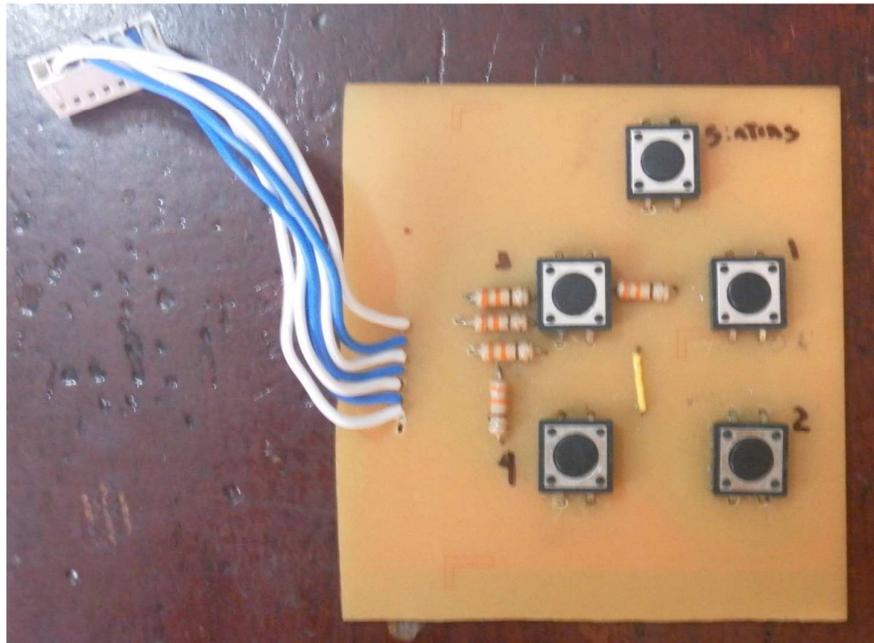
- ✓ REGULACIÓN. Esta etapa conformada por un conversor DC/DC. Permite mantener una tensión constante de 5V frente a las variaciones en su entrada. Dicho valor es necesario para alimentar el microcontrolador y los demás circuitos integrados que conforman el sistema de control. Éste se muestra en la figura 27.

Figura 27. Tarjeta de circuito de Regulación a 5V DC



- ✓ **TECLADO.** Esta tarjeta está conformada por un conjunto de cinco pulsadores y cinco resistencias, así como su respectivo conector hacia la tarjeta principal del control. Es la interfaz de acceso al programa de control, que permite al usuario navegar entre las distintas opciones del menú. La figura 28 muestra su estructura física.

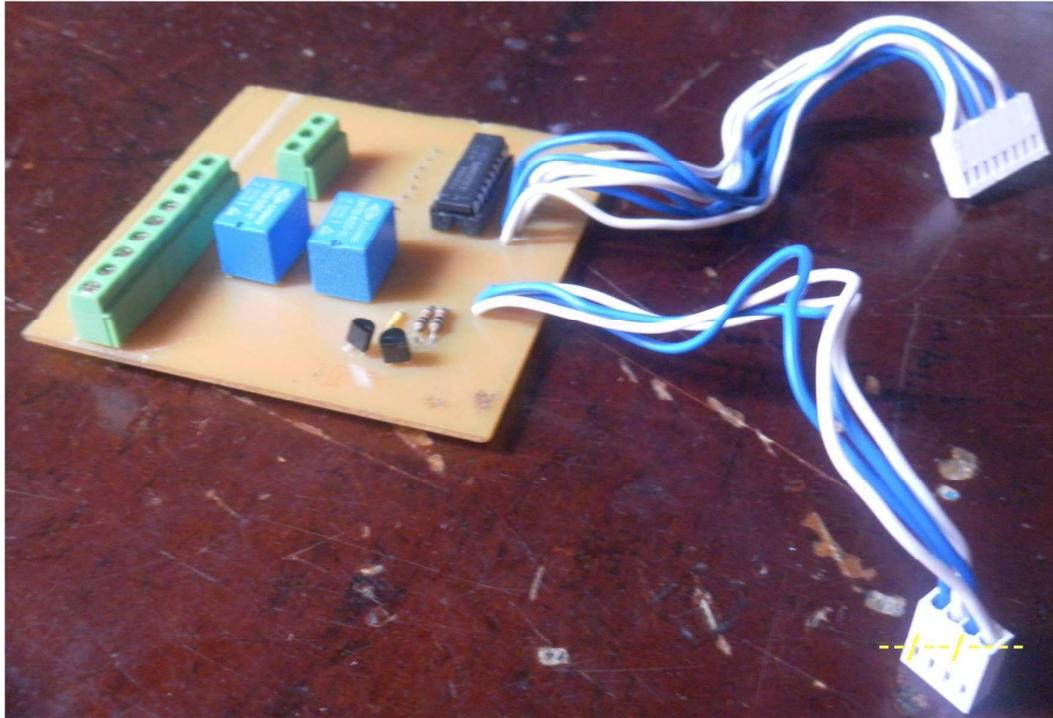
Figura 28. Teclado del sistema de control usado como interfaz de entrada



- ✓ **ETAPA DE POTENCIA.** La tarjeta de potencia es la encargada de accionar los relés de las electroválvulas con base a las señales recibidas de la tarjeta principal del sistema de control. Está conformada por un driver, el ULN2803, que recibe las señales provenientes del microcontrolador y las amplifica en corriente. Luego, dichas señales llegan a dos relés en conjunto con dos transistores de referencia 2N3904 y un par de resistencias, que son alimentados con 5V, los cuales se

activan dependiendo si la señal va dirigida al lado izquierdo o derecho del Aula Móvil. Su estructura se muestra en la figura 29.

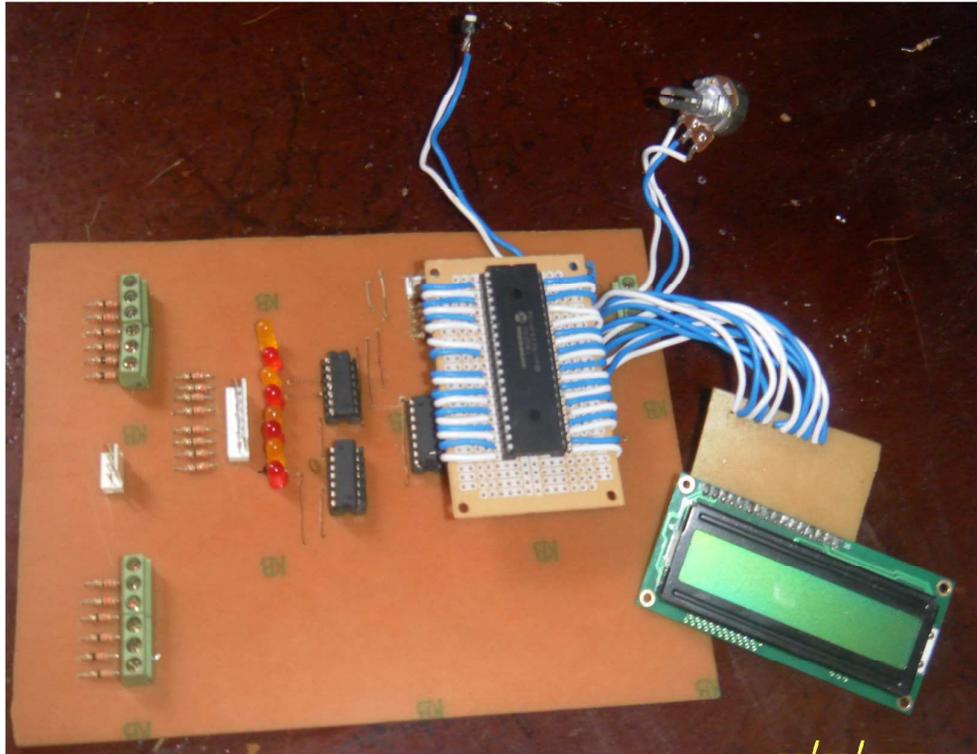
Figura 29. Etapa de potencia del sistema de control.



- ✓ TARJETA PRINCIPAL DE CONTROL. Esta la tarjeta más importante dentro del todo el sistema, ya que en ella se encuentra el corazón del control, el cual es el microcontrolador PIC16F877A. Desde aquí se monitorean el estado de los switches que actúan como sensores finales de carrera y, con base al algoritmo de programación realizado en lenguaje C, se envía una respuesta por las salidas del microcontrolador.

La estructura de esta tarjeta se encuentra en la figura 30.

Figura 30. Tarjeta principal del sistema de control de Aulas Móviles



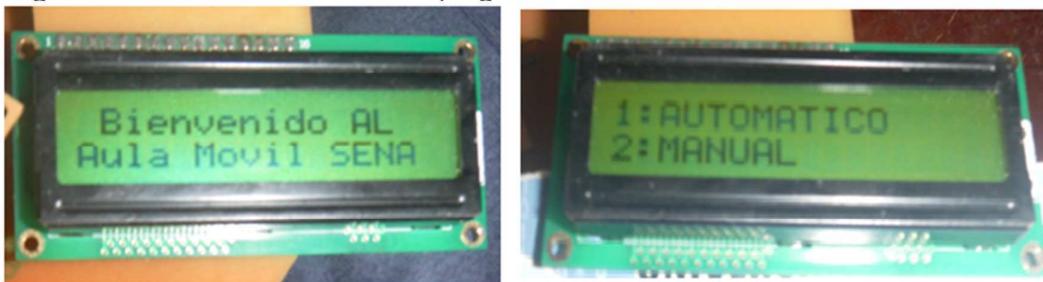
Dicho microcontrolador envía información a todos los periféricos conectados a él, como es el LCD que se encuentra conectado justo a su lado. Este LCD es de referencia TC1602A-01T, el cual es de dos líneas por 16 caracteres. Junto a este dispositivo se encuentra un potenciómetro de 50 K Ω para el ajuste del contraste de su pantalla.

También envía información hacia el decodificador 3 a 8 de referencia 74HC138, el cual permite enviar 8 señales hacia el ULN2803 usando sólo tres pines del microcontrolador. Antes de llegar las señales del microcontrolador a este driver de corriente pasan por una etapa intermedia, formada por dos 74LS04, los cuáles son compuertas lógicas tipo NOT; su uso se debe a que la salida del decodificador es en BAJO, y se necesitan en ALTO para poder sr interpretadas correctamente por el driver de corriente.

Las señales que salen de las compuertas lógicas NOT se envían finalmente a la etapa de potencia. Paralelo a cada salida de señal se encuentra un led indicador de que la señal se está activando adecuadamente.

- ✓ FUNCIONAMIENTO. Se realizaron pruebas de funcionamiento en las que se revisó la secuencia del algoritmo de programación mostrada en la figura 24 y en la sección *Programación* que inicia en la página 63. Al dar puesta en marcha al sistema de control, se muestran dos mensajes: una de bienvenida y otro para seleccionar el modo de control. Esto se evidencia en la figura 31.

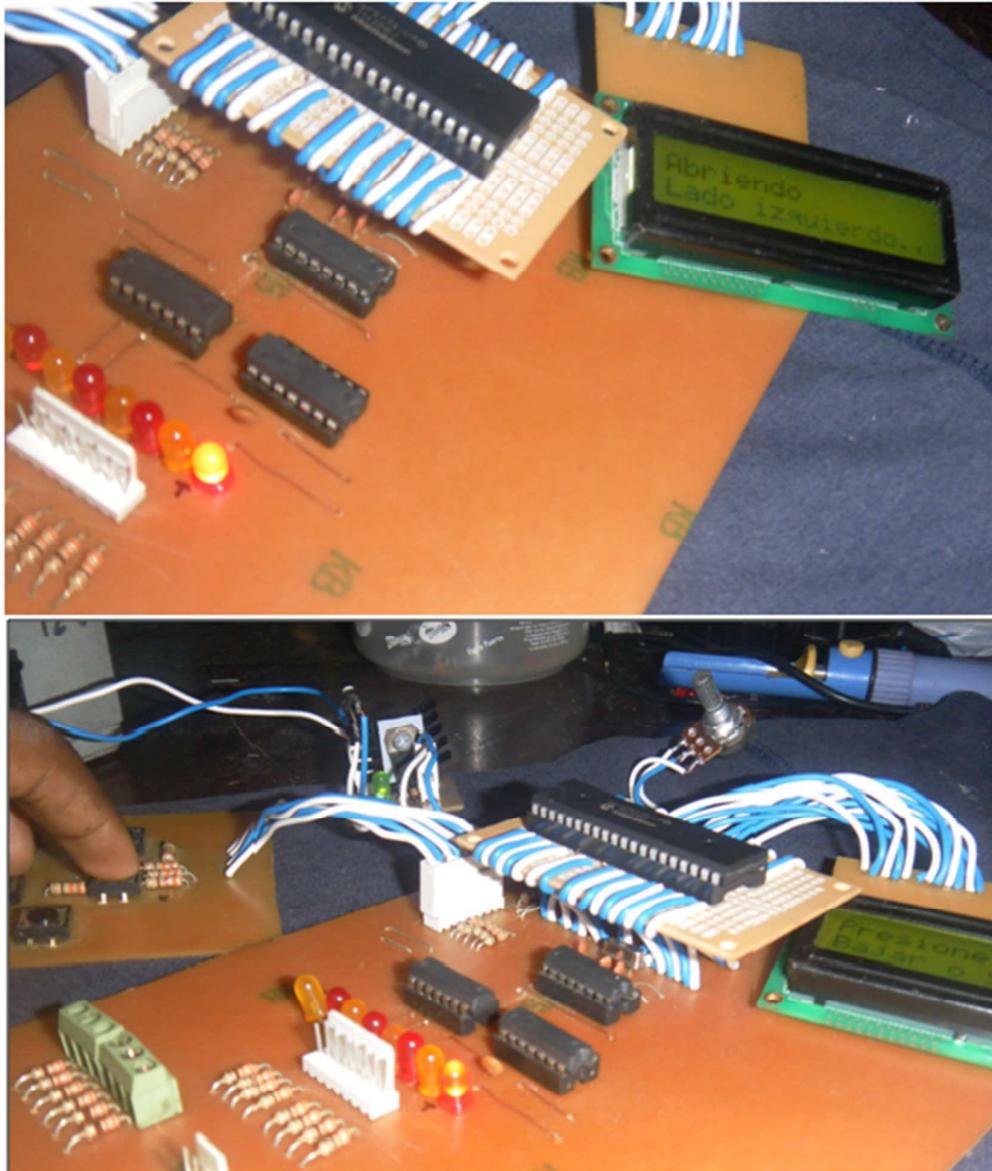
Figura 31. Secuencia de acceso al programa de control de Aulas Móviles



Luego de seleccionar el modo de control, se navega por varios submenús que servirán de guía para enviar la señal de salida hacia la etapa de control. La figura 32 muestra la puesta en marcha de todo el sistema.

En el anexo O se encuentran las imágenes del sistema de control de mando implementado en el Aula Móvil.

Figura 32. Prueba de funcionamiento del sistema de control del Aula Móvil



6. CONCLUSIONES.

Tomando en consideración el análisis realizado en los diferentes capítulos de este documento y al seguimiento hecho al proyecto Aulas Móviles, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- ✓ El dispositivo de control electrónico seleccionado, junto con sus herramientas de programación, fueron los adecuados porque permitieron desarrollar un confiable y seguro algoritmo de programación que cumplió a cabalidad con todos los requisitos demandados por el proyecto en lo referente a la coordinación de los movimientos de los cilindros hidráulicos.
- ✓ Los sensores seleccionados, que en este caso fueron microswitches, estuvieron acordes con las condiciones ambientales y eléctricas a las que está expuesta el aula Móvil.
- ✓ Se implementó el control de mando mediante un conjunto de tarjetas electrónicas modulares. Este hecho facilita los futuros mantenimientos sobre todo el sistema de control en cuestión, a la vez que el mismo sirve como herramienta pedagógica para algunos programas de formación del SENA que estén relacionados con la electrónica y el control automático.
- ✓ Se logró diseñar una propuesta que permita tener un aula eléctricamente segura y dimensionada de manera adecuada para su carga eléctrica. Este nuevo diseño está acorde con lo estipulado en el RETIE y la NTC2050, normativas vigentes en Colombia.

- ✓ Se logró diseñar una propuesta con las condiciones de iluminación adecuadas y normalizadas para un Aula Móvil, ofreciendo salud visual al usuario.

- ✓ Se desarrolló una secuencia de movimientos para las partes móviles del aula (techo, piso, soporte, anclaje), garantizando que en ningún momento se presenten choques, roces o rupturas entre ellas.

- ✓ Aunque el proyecto se encuentra implementado dentro del camión, y ya fue revisado y avalado por personal encargado del proyecto Aulas móviles SENA, por motivo de reparaciones locativas dentro del aula hasta la fecha no se ha colocado en modo operativo al público.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ICONTEC, “*Código Eléctrico Colombiano NTC 2050*”, Colombia, 2008.
- [2] VITTORIO RE, “*Iluminación interna*”, España 1989. Editorial Marcombo Boixareu editores.
- [3] “ISO8995: ILUMINACION DE PUESTOS DE TRABAJO ENINTERIORES”. Cuba, Octubre de 2003. NC.
- [4] Ministerio de minas y energía, “*Anexo general, resolución No. 18 1294 del 06 de Agosto de 2008, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)*”, Colombia, 2008.
- [5] “FACTOR K:”. [Consulta 20 de Mayo de 2012], Disponible en <http://www.indusul.com/index.php?/es/especiais/factor-k.html>
- [6] ANDRÉS CÁNOVAS LÓPEZ, “Manual de usuario del compilador PCW de CCS”. Microchip PICmicro MCUs.
- [7] EDUARDO GARCÍA BREIJO, “Compilador C CCS y Simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC” México 2008. Editorial Marcombo.
- [8] ICONTEC, “*Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación NTC 1486*”, Colombia, 2008.
- [9] CONCEPTO DE ALUMBRADO DE INTERIORES. [Consulta: 20 de Mayo de 2012], Disponible en <http://edison.upc.edu/curs/llum/index.html>



TL-D LIFEMAX Super 80

TL-D 18W/865 1SL

The TL-D LIFEMAX Super 80 lamp offers more lumens per watt and better color rendering than TL-D standard colors. Furthermore, it has a lower mercury content. The lamp can be operated in existing TL-D luminaires.

Product data

• General Characteristics

Cap-Base	G13 [Medium Bi-Pin Fluorescent]
Cap-Base Information	Green [Green Cap]
Bulb	T8 [26 mm]
Life to 50% failures EM	13000 hr
Life to 10% failures EM	10000 hr

• Light Technical Characteristics

Color Code	865 [CCT of 6500K]
Color Rendering Index	80 Ra8
Color Designation (text)	Cool Daylight
Color Temperature	6500 K
Chromaticity Coordinate X	313 -
Chromaticity Coordinate Y	337 -
Lumen Maintenance 2000h	96 %
Lumen Maintenance 5000h	94 %
Lum Efficacy Rated EM 25°C	71 Lm/W
Luminous Flux EM 25°C, Rated	1275 Lm

• Electrical Characteristics

Lamp Wattage	18 W
Dimmable	Yes
Lamp Current EM 25°C	0.360 A

Lamp Wattage EM 25°C, Nominal	18 W
Lamp Voltage EM 25°C	59 V

• Environmental Characteristics

Mercury (Hg) Content	3.0 mg
----------------------	--------

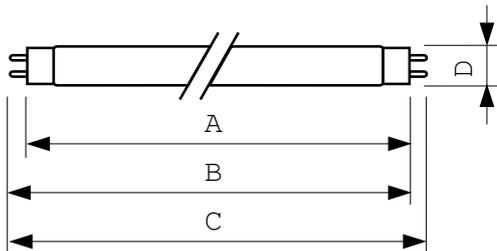
• Product Dimensions

Base Face to Base Face A	589.8 (max) mm
Insertion Length B	594.5 (min), 596.9 (max) mm
Overall Length C	604 (max) mm
Diameter D	28 (max) mm

• Product Data

Order code	927980286553
Full product code	927980286553
Full product name	TL-D 18W/865 1SL
Order product name	TL-D 18W/865 1SL/25
Pieces per pack	1
Packing configuration	25
Packs per outerbox	25
Bar code on pack - EAN1	6923410770384
Bar code on outerbox - EAN3	6923410770391
Logistic code(s) - 12NC	927980286553
Net weight per piece	0.070 kg

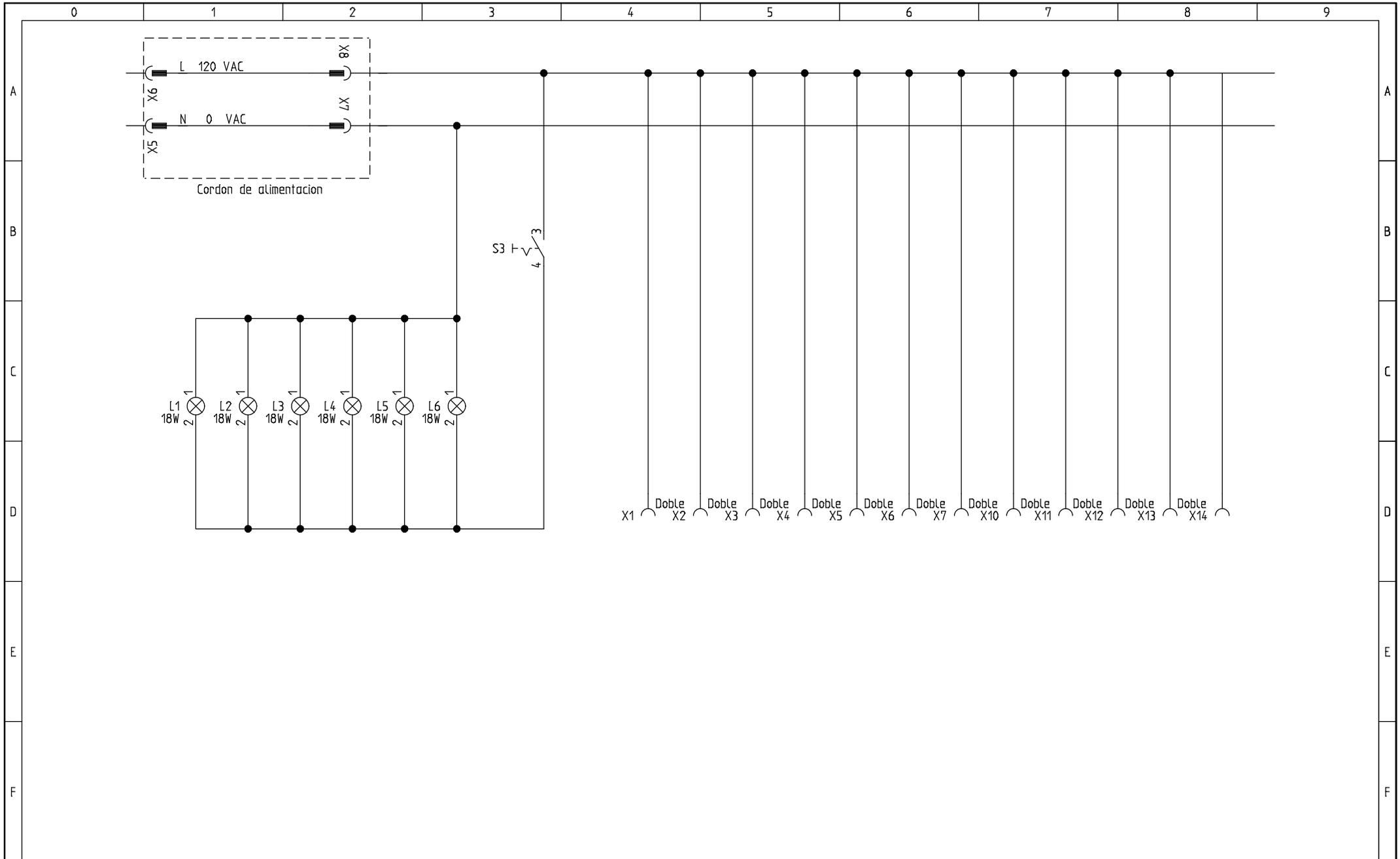
Dimensional drawing



G13, T8

Product	A (Max)	B (Min)	B (Max)	C (Max)	D (Max)
TL-D 18W/865/GC	589.8	594.5	596.9	604	28

ANEXO B



Fecha	Modificación	Fecha creación	28/06/2012
A	28/06/2012	Dibujado	Jorge Zuñiga - Luis Marroquin
B		Comprobado	Jorge Zuñiga - Luis Marroquin
C		Norma	EN-61346-ES

Proyecto:
Diseño e implementación de control para Aulas Móviles SENA



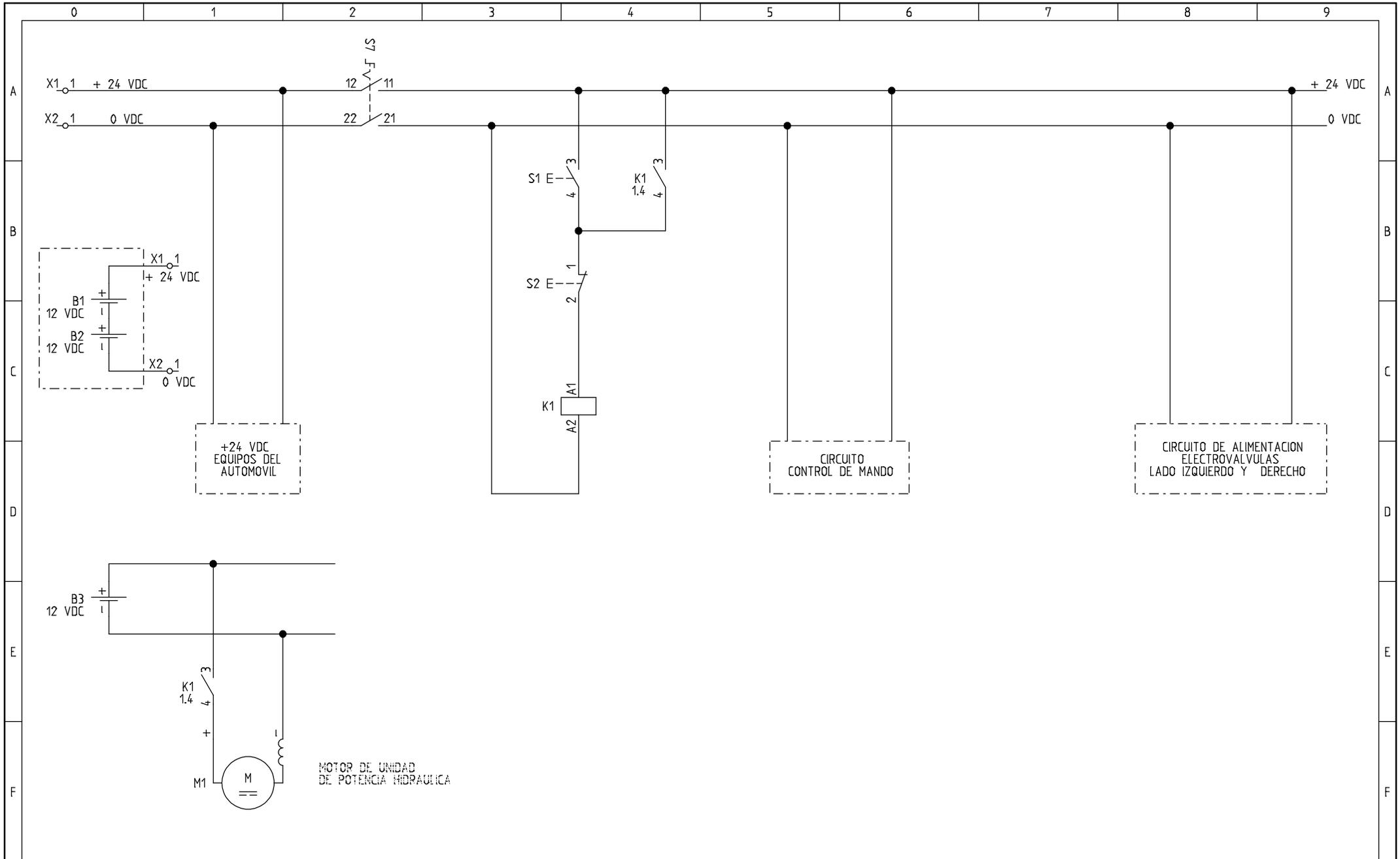
Título Hoja:
Circuito AC Aulas Móviles

Cliente:
SENA CIP

Escala : 1:1

Esquema Tipo:
 Esquemas de circuitos

Pag. **2.**
 Total Pag. **3**



Fecha	Modificación	Fecha creación	27/06/2012
A	27/06/2012	Dibujado	Jorge Zuñiga
B		Comprobado	Jorge Zuñiga - Luis Marroquin
C		Norma	EN-61346-ES

Proyecto:
 Diseño e implementación de control
 para Aulas Móviles SENA



Título Hoja:	Circuito DC Actual Aula Movil	Escala :	1:1
Cliente:	SENA CIP	Esquema Tipo:	Esquemas de circuitos
		Pag.	1.
		Total Pag.	3

ILUMINACION INTERNA

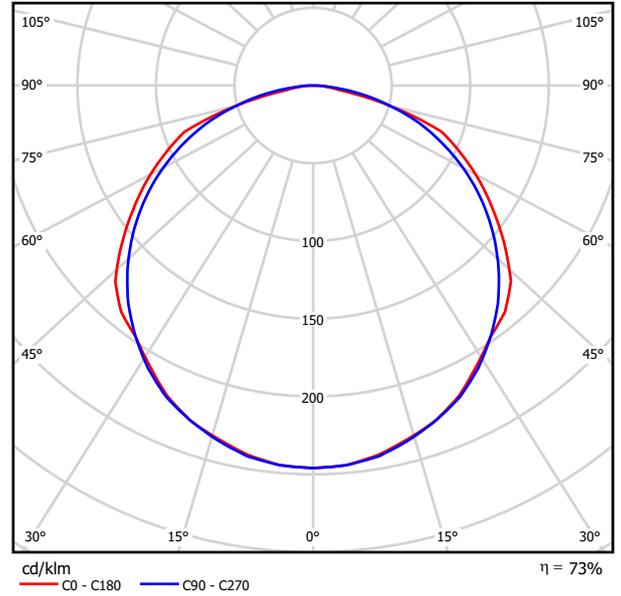
Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

SENA

Proyecto elaborado por JORGE ZUÑIGA - LUIS MARROQUIN
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Philips TMS022 2xTL-D18W HFS +GMS022 R / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 45 77 96 100 74

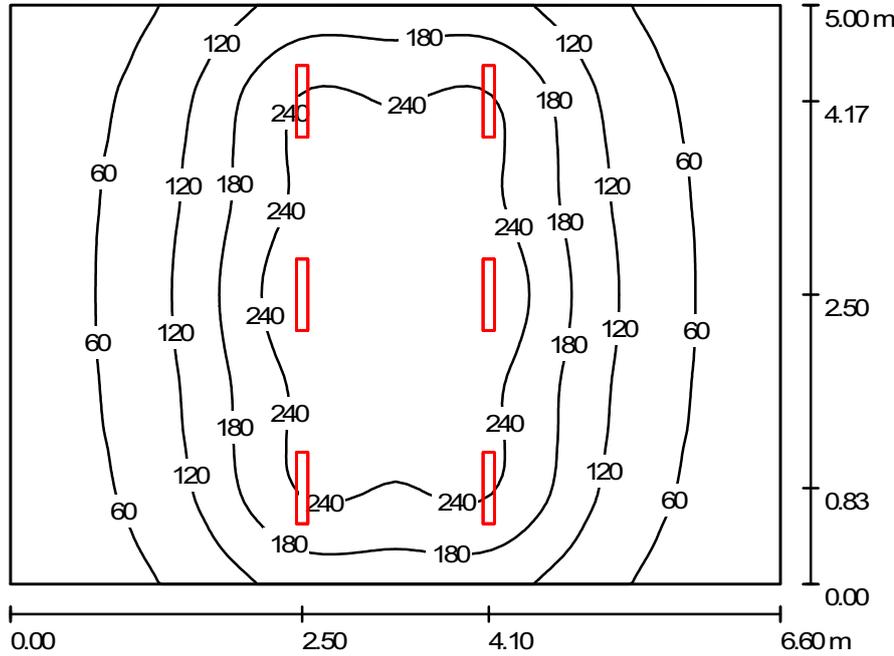
Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR													
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30			
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30			
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
Tamaño del local	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara							
X	Y	2H	3H	4H	6H	8H	12H	2H	3H	4H	6H	8H	12H
		19.0	20.3	19.2	20.5	20.8	18.5	19.9	18.8	20.1	20.3	20.9	22.1
		20.9	22.1	21.2	22.4	22.6	20.1	21.4	20.5	21.6	21.9	21.5	22.6
		21.5	22.6	21.8	22.9	23.2	20.8	22.0	21.2	22.3	22.6	21.7	22.8
		21.7	22.8	22.1	23.1	23.4	21.3	22.4	21.7	22.7	23.0	21.7	22.8
		21.7	22.8	22.1	23.1	23.4	21.5	22.5	21.9	22.9	23.2	21.7	22.7
		21.7	22.7	22.1	23.0	23.4	21.6	22.6	22.0	22.9	23.3	21.7	22.7
		19.7	20.8	20.0	21.1	21.4	19.3	20.5	19.7	20.8	21.1	21.8	22.9
		21.8	22.7	22.1	23.1	23.4	21.2	22.1	21.5	22.5	22.8	22.9	23.9
		22.5	23.4	22.9	23.7	24.1	22.0	22.9	22.4	23.2	23.6	23.3	24.3
		22.8	23.6	23.2	24.0	24.4	22.6	23.4	23.1	23.8	24.2	23.6	24.4
		22.9	23.6	23.3	24.0	24.4	22.9	23.6	23.3	24.0	24.4	23.7	24.5
		22.9	23.5	23.3	23.9	24.4	23.1	23.7	23.5	24.1	24.5	23.9	24.7
		22.9	23.6	23.3	24.0	24.4	22.4	23.1	22.8	23.5	23.9	23.3	24.1
		23.2	23.8	23.7	24.2	24.7	23.3	23.9	23.7	24.3	24.7	23.6	24.4
		23.3	23.8	23.8	24.3	24.8	23.6	24.1	24.1	24.6	25.1	23.9	24.7
		23.4	23.8	23.9	24.3	24.8	23.9	24.4	24.4	24.8	25.3	24.4	25.1
		22.9	23.5	23.3	23.9	24.4	22.4	23.1	22.9	23.5	23.9	23.3	24.1
		23.3	23.8	23.8	24.3	24.7	23.3	23.8	23.8	24.3	24.8	23.7	24.5
		23.4	23.9	23.9	24.3	24.8	23.7	24.2	24.2	24.6	25.1	24.4	25.1
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias													
S = 1.0H	+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1							
S = 1.5H	+0.3 / -0.4					+0.2 / -0.3							
S = 2.0H	+0.3 / -0.5					+0.3 / -0.6							
Tabla estándar	BK05					BK06							
Sumando de corrección	4.7					5.1							
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2600lm Flujo luminoso total													

SENA

Proyecto elaborado por JORGE ZUÑIGA - LUIS MARROQUIN
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

AULA MOVIL / Resumen



Altura del local: 2.300 m, Altura de montaje: 2.300 m, Factor mantenimiento: 0.50

Valores en Lux, Escala 1:65

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	140	21	290	0.151
Suelo	32	110	31	196	0.284
Techo	86	18	8.98	28	0.501
Paredes (4)	0	59	12	198	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 64 x 64 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

UGR

Pared izq 24
 Pared inferior 24
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- 24
 Tran 23
 al eje de luminaria

Porcentaje de puntos con menos de 400 lx (para IEQ-7): 100.00%.

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	Philips TMS022 2xTL-D18W HFS +GMS022 R (1.000)	1898	2600	38.0
			Total: 11388	Total: 15600	228.0

Valor de eficiencia energética: $6.91 \text{ W/m}^2 = 4.93 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 33.00 m^2)

Propuesta Iluminacion

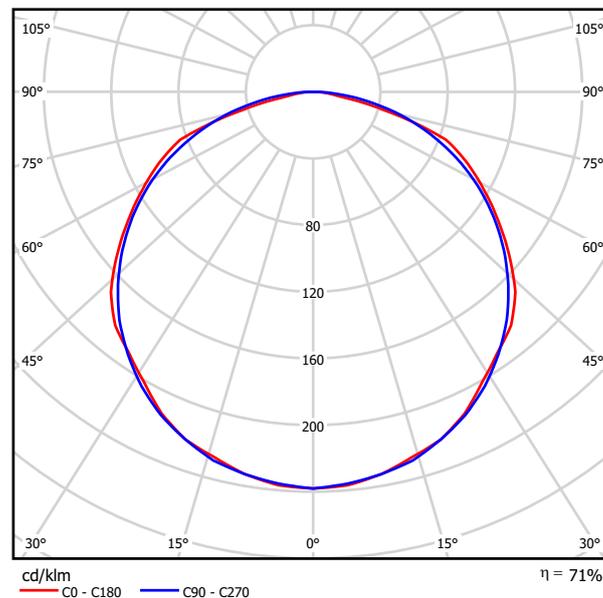
Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 09.06.2012
Proyecto elaborado por: Luis Marroquin - Jorge Zuñiga

Proyecto elaborado por Luis Marroquin - Jorge Zuñiga
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Philips TMS022 2xTL-D36W HFS +GMS022 R / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



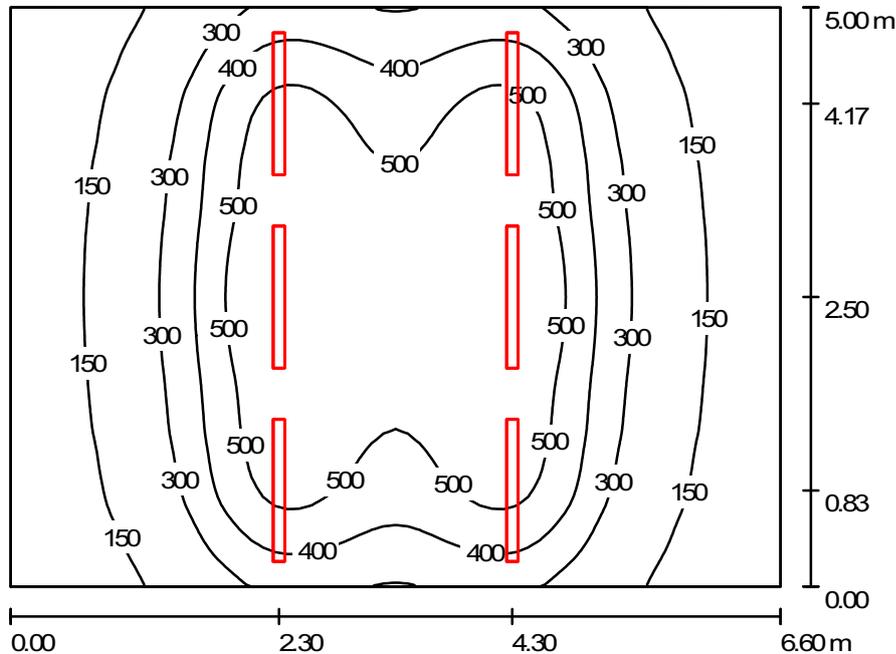
Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 45 77 96 100 71

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
n Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
n Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
n Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local	X	Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara				Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	2H	19.6	20.9	19.9	21.2	21.4	19.3	20.6	19.6	20.9	21.1
	3H	2H	21.5	22.7	21.8	23.0	23.3	21.0	22.2	21.3	22.5	22.7
	4H	2H	22.1	23.3	22.4	23.5	23.8	21.7	22.9	22.0	23.1	23.4
	6H	2H	22.3	23.4	22.7	23.7	24.0	22.3	23.3	22.6	23.6	24.0
	8H	2H	22.3	23.4	22.7	23.7	24.0	22.5	23.5	22.8	23.8	24.1
4H	2H	2H	20.3	21.5	20.6	21.7	22.0	20.1	21.2	20.4	21.5	21.8
	3H	2H	22.4	23.4	22.8	23.7	24.1	22.0	22.9	22.3	23.3	23.6
	4H	2H	23.1	24.0	23.5	24.4	24.7	22.8	23.7	23.2	24.1	24.4
	6H	2H	23.4	24.2	23.8	24.5	24.9	23.5	24.3	23.9	24.7	25.1
	8H	2H	23.4	24.1	23.9	24.5	25.0	23.8	24.5	24.2	24.9	25.3
8H	2H	2H	23.5	24.1	23.9	24.5	25.0	24.0	24.6	24.4	25.0	25.5
	4H	2H	23.5	24.2	23.9	24.6	25.0	23.2	23.9	23.7	24.3	24.7
	6H	2H	23.8	24.4	24.3	24.8	25.3	24.1	24.7	24.6	25.1	25.6
	8H	2H	23.9	24.4	24.4	24.9	25.3	24.5	25.0	24.9	25.4	25.9
	12H	2H	24.0	24.4	24.4	24.9	25.4	24.7	25.2	25.2	25.6	26.1
12H	4H	2H	23.5	24.1	24.0	24.6	25.0	23.2	23.9	23.7	24.3	24.7
	6H	2H	23.9	24.4	24.4	24.8	25.3	24.1	24.6	24.6	25.1	25.6
	8H	2H	24.0	24.4	24.5	24.9	25.4	24.5	25.0	25.0	25.4	25.9
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.1 / -0.1				+0.1 / -0.1						
S = 1.5H		+0.3 / -0.4				+0.2 / -0.3						
S = 2.0H		+0.3 / -0.5				+0.3 / -0.5						
Tabla estándar		BK05				BK07						
Sumando de corrección		5.3				6.3						
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 6500lm Flujo luminoso total												

Proyecto elaborado por Luis Marroquin - Jorge Zuñiga
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Aula Móvil SENA / Resumen



Altura del local: 2.300 m, Altura de montaje: 2.300 m, Factor mantenimiento: 0.50

Valores en Lux, Escala 1:65

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	334	57	621	0.172
Suelo	32	261	81	427	0.310
Techo	86	42	22	64	0.517
Paredes (4)	0	147	27	693	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 64 x 64 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

UGR

Pared izq
 Pared inferior
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- Tran al eje de luminaria

24 24
 24 24

Porcentaje de puntos con menos de 400 lx (para IEQ-7): 58.59%.

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	Philips TMS022 2xTL-D36W HFS +GMS022 R (1.000)	4615	6500	72.0
			Total: 27690	Total: 39000	432.0

Valor de eficiencia energética: 13.09 W/m² = 3.92 W/m²/100 lx (Base: 33.00 m²)



TL-D LIFEMAX Super 80

TL-D 36W/865 1SL

The TL-D LIFEMAX Super 80 lamp offers more lumens per watt and better color rendering than TL-D standard colors. Furthermore, it has a lower mercury content. The lamp can be operated in existing TL-D luminaires.

Product data

• General Characteristics

Cap-Base	G13 [Medium Bi-Pin Fluorescent]
Bulb	T8 [26 mm]
Life to 50% failures EM	15000 hr
Life to 10% failures EM	10000 hr

• Light Technical Characteristics

Color Code	865 [CCT of 6500K]
Color Rendering Index	80 Ra8
Color Designation (text)	Cool Daylight
Color Temperature	6500 K
Chromaticity Coordinate X	313 -
Chromaticity Coordinate Y	337 -
Lumen Maintenance 2000h	96 %
Lumen Maintenance 5000h	94 %
Lum Efficacy Rated EM 25°C	85 Lm/W
Luminous Flux EM 25°C, Rated	3070 Lm

• Electrical Characteristics

Lamp Wattage	36 W
--------------	------

Lamp Current EM 25°C	0.440 A
Lamp Wattage EM 25°C, Nominal	36 W
Lamp Voltage EM 25°C	103 V

• Product Dimensions

Base Face to Base Face A	1199.4 (max) mm
Insertion Length B	1204.1 (min), 1206.5 (max) mm
Overall Length C	1213.6 (max) mm
Diameter D	28 (max) mm

• Product Data

Order code	927982286574
Full product code	927982286574
Full product name	TL-D 36W/865 1SL
Order product name	TL-D 36W/865 1SL/25
Pieces per pack	1
Packing configuration	25
Packs per outerbox	25
Bar code on pack - EAN1	8711500571328
Bar code on outerbox - EAN3	8727900813562
Logistic code(s) - 12NC	927982286574
Net weight per piece	0.130 kg

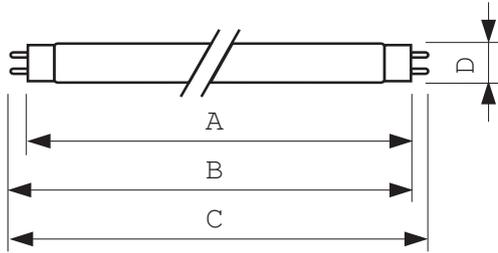
PHILIPS

sense and simplicity

Dimensional drawing

G13, T8

Product	A (Max)	B (Min)	B (Max)	C (Max)	D (Max)
TL-D 36W/865 CDL G13	1199.4	1204.1	1206.5	1213.6	28



G13



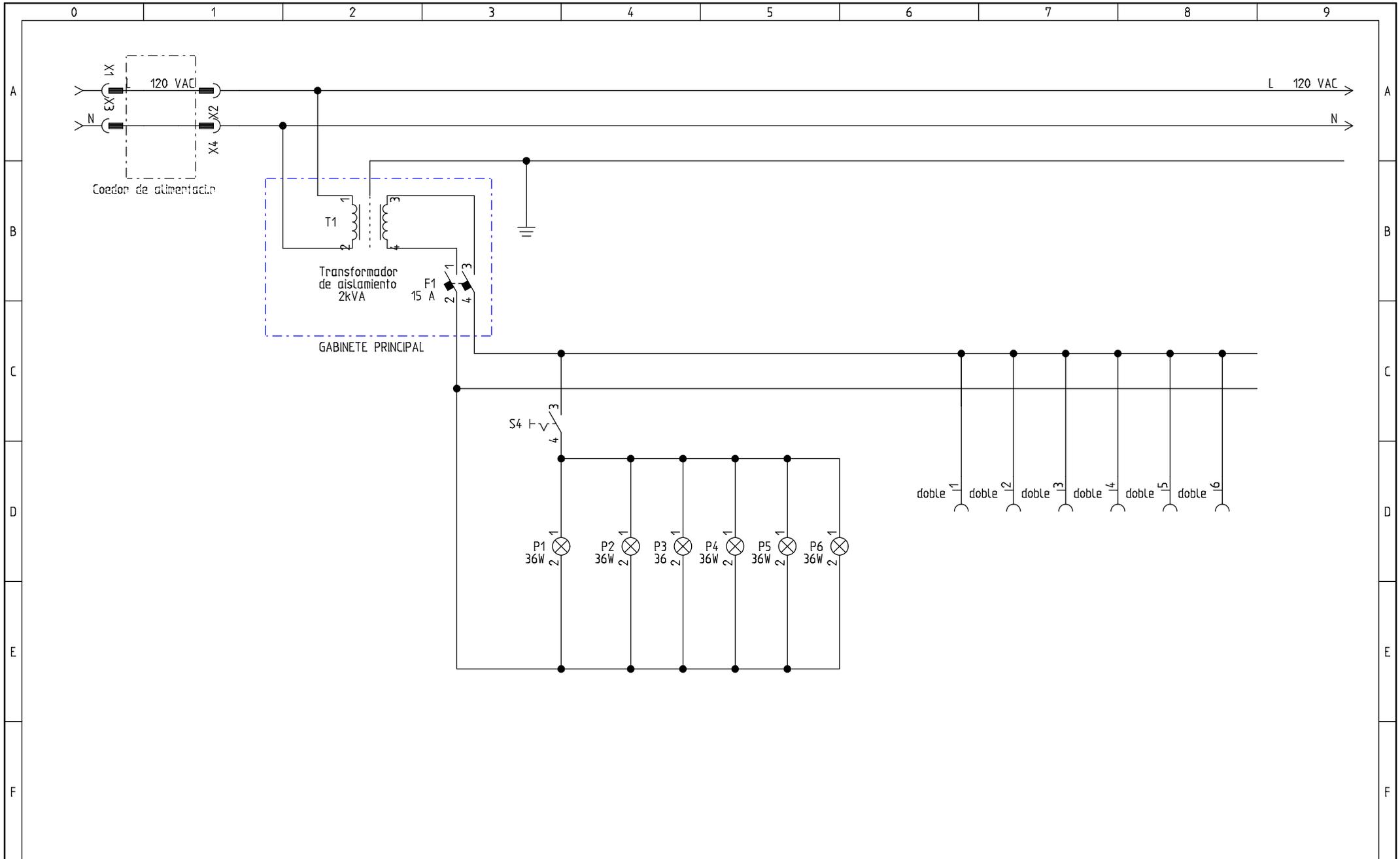
© 2012 Koninklijke Philips Electronics N.V.
All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips Electronics N.V. or their respective owners.

www.philips.com/lighting

2012, April 11
data subject to change

ANEXO G



Fecha	Modificación	Fecha creación	28/06/2012
A	28/06/2012	Dibujado	Jorge Zuñiga - Luis Marroquin
B		Comprobado	Jorge Zuñiga - Luis Marroquin
C		Norma	EN-61346-ES

Proyecto:
Diseño e implementación de control para Aulas Móviles SENA



Título Hoja: Circuito AC Rediseñado	Escala : 1:1
Cliente: SENA CIP	Esquema Tipo: Esquemas de circuitos
	Pag. 3. Total Pag. 3

KA78XX/KA78XXA

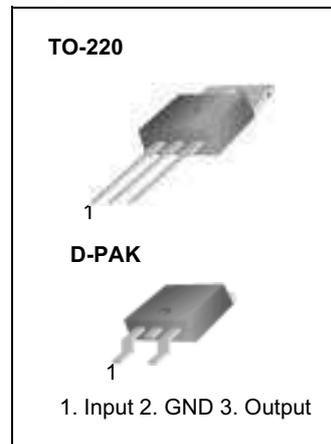
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

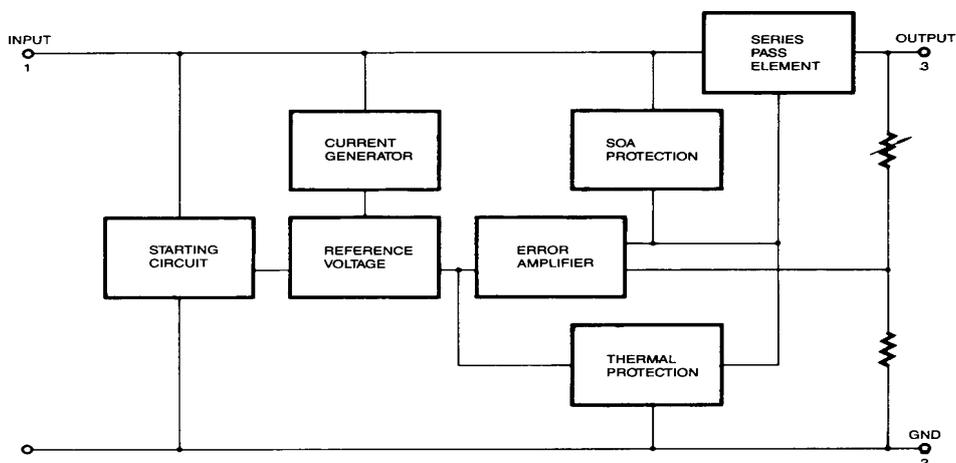
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

The KA78XX/KA78XXA series of three-terminal positive regulator are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



Internal Block Diagram



Rev. 1.0.0

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$) (for $V_O = 24V$)	V_I	35	V
	V_I	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range (KA78XX/A/R)	T_{OPR}	0 ~ +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ +150	$^{\circ}C$

Electrical Characteristics (KA7805/KA7805R)

(Refer to test circuit , $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$, $I_O = 500mA$, $V_I = 10V$, $C_I = 0.33\mu F$, $C_O = 0.1\mu F$, unless otherwise specified)

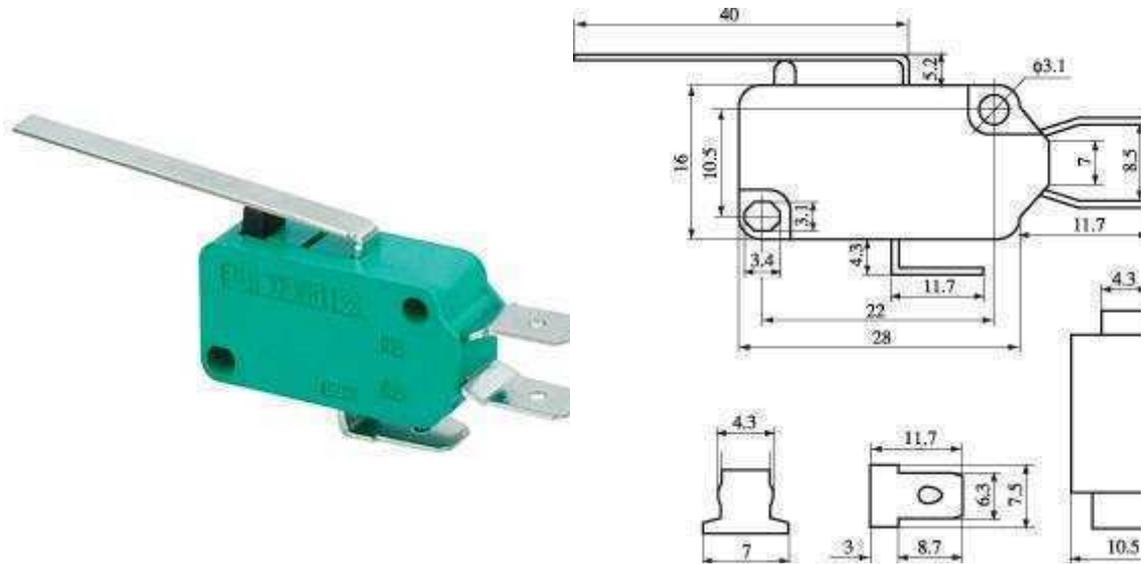
Parameter	Symbol	Conditions	KA7805			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}C$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5.0mA \leq I_O \leq 1.0A$, $P_O \leq 15W$ $V_I = 7V$ to $20V$	4.75	5.0	5.25		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}C$	$V_O = 7V$ to $25V$	-	4.0	100	mV
			$V_I = 8V$ to $12V$	-	1.6	50	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}C$	$I_O = 5.0mA$ to $1.5A$	-	9	100	mV
			$I_O = 250mA$ to $750mA$	-	4	50	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}C$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5mA$ to $1.0A$	-	0.03	0.5	mA	
		$V_I = 7V$ to $25V$	-	0.3	1.3		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5mA$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}C$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10Hz$ to $100KHz$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	42	-	$\mu V/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$ $V_O = 8V$ to $18V$	62	73	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1A$, $T_J = +25^{\circ}C$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1KHz$	-	15	-	m Ω	
Short Circuit Current	ISC	$V_I = 35V$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	230	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}C$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

ANEXO I

KW8-OZ-C



Rated current:	3A 125VDC 6A-20A 250VAC
Contact resistance:	≤30mΩ
Insulation resistance:	≥100MΩ
Operation life:	15万次 150,000 times
Operation range:	0.5-1.81mm
Operation differential range:	≤0.5mm
Operation pressure:	0.6-1.8N



Industrial Co., Ltd.

DATA SHEET



LCM MODULE

TC1602A-01T

Specification for Approval

APPROVED BY	CHECKED BY	PREPARED BY

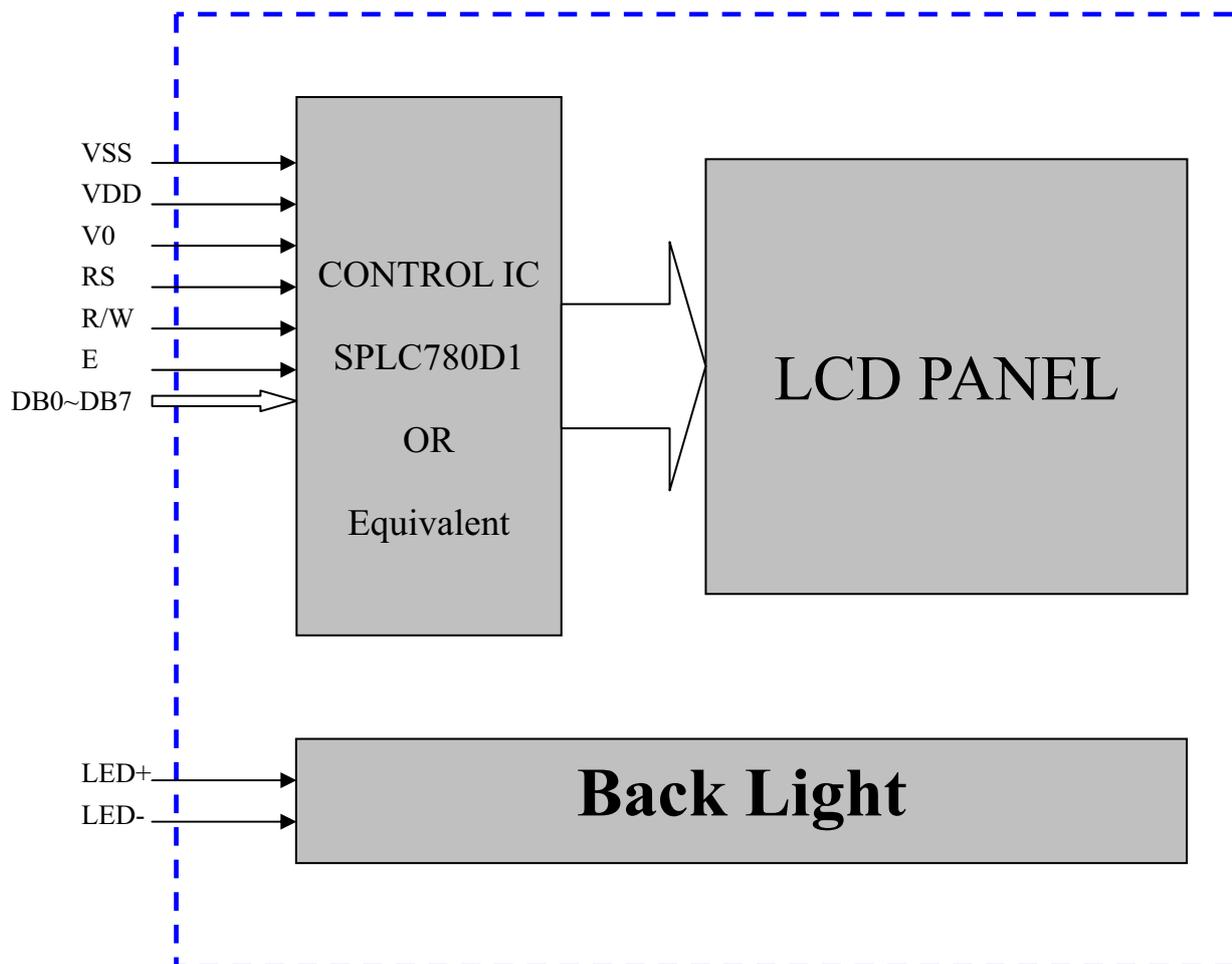
CONTENTS

FUNCTIONS & FEATURES	3
BLOCK DIAGRAM	3
MODULE OUTLINE DRAWING	4
INTERFACE PIN FUNCTIONS	5
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)	5
DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS	5
LED BACKLIGHT CHARACTERISTICS	5
CONNECTION WITH MCU	6
Typical V0 connections for display contrast	6
MPU Interface 4-Bit/8-Bit	6
AC CHARACTERISTICS	7
OPTICAL CHARACTERISTICS	9
COMMAND TABLE	11
RESET FUNCTIONS	12
DISPLAY DATA RAM (DDRAM)	14
CHARACTER GENERATOR ROM	15
RELIABILITY TEST CONDITION	16
PRECAUTION FOR USING LCM MODULE	17
OTHERS	17
APPENDIX A: DATE CODE RULES	18
APPENDIX B: CHANGE NOTES	18

FUNCTIONS & FEATURES

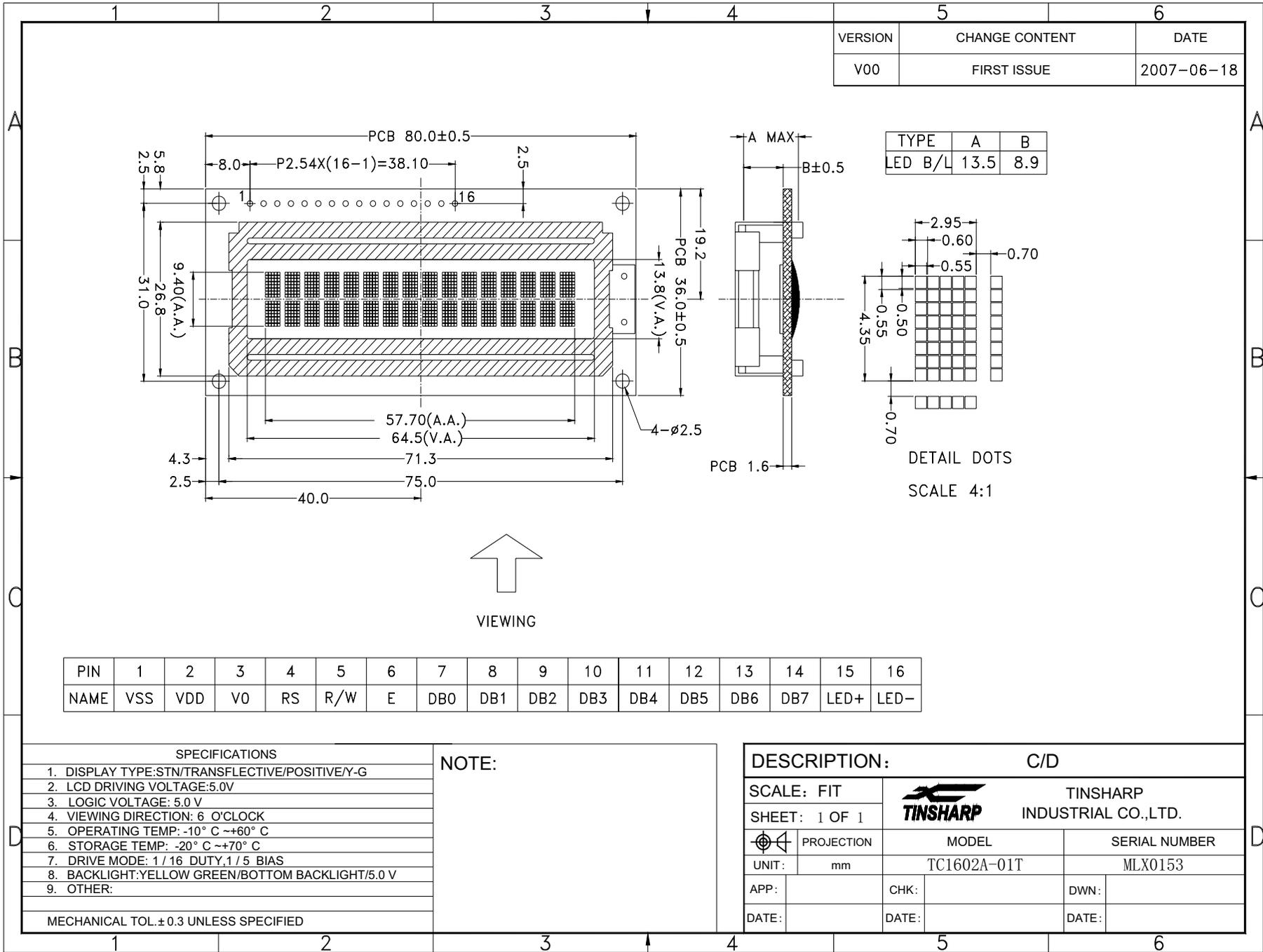
- Construction : COB(Chip-on-Board)
- Display Format : 16x2 Characters
- Display Type : STN, Transflective, Positive, Y-G
- Controller : SPLC780D1 or equivalent controller
- Interface : 8-bit parallel interface
- Backlight : yellow-green\bottom lights
- Viewing Direction : 6 O'clock
- Driving Scheme : 1/16 Duty Cycle, 1/5 Bias
- Power Supply Voltage : 5.0 V
- V_{LCD} Adjustable For Best Contrast : 5.0 V (V_{OP.})
- Operation temperature : -10°C to +60°C
- Storage temperature : -20°C to +70°C

BLOCK DIAGRAM



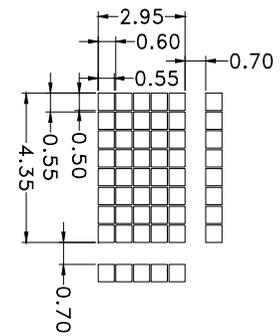


MODULE OUTLINE DRAWING



VERSION	CHANGE CONTENT	DATE
V00	FIRST ISSUE	2007-06-18

TYPE	A	B
LED B/L	13.5	8.9



DETAIL DOTS
SCALE 4:1

PIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
NAME	VSS	VDD	V0	RS	R/W	E	DB0	DB1	DB2	DB3	DB4	DB5	DB6	DB7	LED+	LED-

SPECIFICATIONS	
1. DISPLAY TYPE:STN/TRANSFLECTIVE/POSITIVE/Y-G	
2. LCD DRIVING VOLTAGE:5.0V	
3. LOGIC VOLTAGE: 5.0 V	
4. VIEWING DIRECTION: 6 O'CLOCK	
5. OPERATING TEMP: -10° C ~+60° C	
6. STORAGE TEMP: -20° C ~+70° C	
7. DRIVE MODE: 1 / 16 DUTY,1 / 5 BIAS	
8. BACKLIGHT:YELLOW GREEN/BOTTOM BACKLIGHT/5.0 V	
9. OTHER:	
MECHANICAL TOL.±0.3 UNLESS SPECIFIED	

NOTE:

DESCRIPTION:		C/D	
SCALE: FIT	TINSHARP INDUSTRIAL CO.,LTD.		
SHEET: 1 OF 1			
PROJECTION	MODEL	SERIAL NUMBER	
UNIT: mm	TC1602A-01T	MLX0153	
APP:	CHK:	DWN:	
DATE:	DATE:	DATE:	

INTERFACE PIN FUNCTIONS

Pin No.	Symbol	Level	Description
1	VSS	0V	Ground.
2	VDD	+5.0V	Power supply for logic operating.
3	V0	--	Adjusting supply voltage for LCD driving.
4	RS	H/L	A signal for selecting registers: 1: Data Register (for read and write) 0: Instruction Register (for write), Busy flag-Address Counter (for read).
5	R/W	H/L	R/W = "H": Read mode. R/W = "L": Write mode.
6	E	H/L	An enable signal for writing or reading data.
7	DB0	H/L	This is an 8-bit bi-directional data bus.
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	
15	LED+	+5.0V	Power supply for backlight.
16	LED-	0V	The backlight ground.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit
Supply voltage for logic	V _{DD}	-0.3	+7.0	V
Supply voltage for LCD	V _o	0	V _{DD} +0.3	V
Input voltage	V _I	-0.3	V _{DD} +0.3	V
Normal Operating temperature	T _{OP}	-20	+70	°C
Normal Storage temperature	T _{ST}	-30	+80	°C

Note: Stresses beyond those given in the Absolute Maximum Rating table may cause operational errors or damage to the device. For normal operational conditions see AC/DC Electrical Characteristics.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

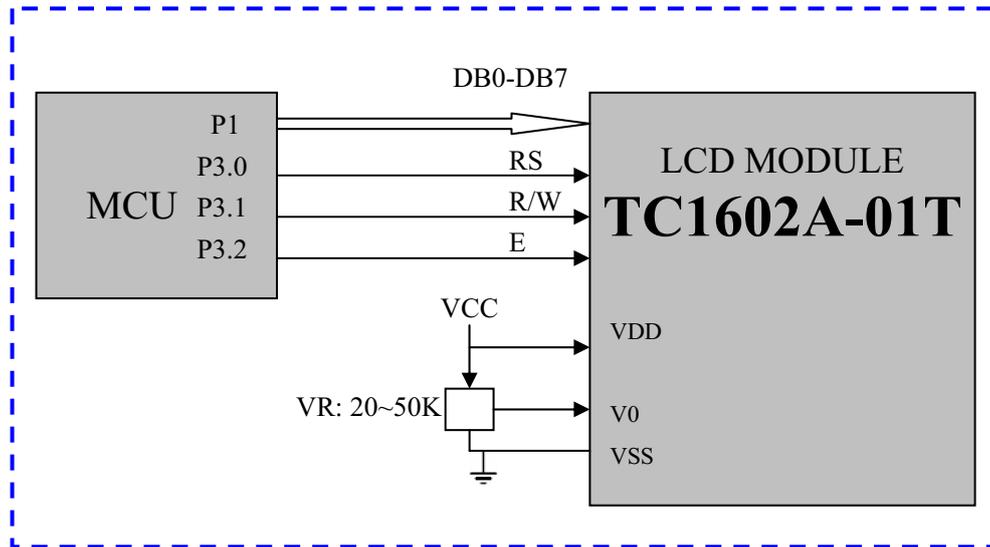
Parameter	Symbol	Condition	Min	T _{YP}	Max	Unit
Supply voltage for logic	VDD	--	4.8	5.0	5.2	V
Supply current for logic	IDD	--	--	120	150	mA
Operating voltage for LCD	VLCD	-10°C				
		25°C	4.8	5.0	5.2	V
		+60°C				
Input voltage "H" level	VIH	--	0.7 VDD	--	VDD+0.3	V
Input voltage "L" level	VIL	--	0	--	0.2VDD	V

LED BACKLIGHT CHARACTERISTICS

COLOR	Wavelength λ p(nm)	Operating Voltage(±0.15V)	Spectral line half width Δ λ (nm)	Forward Current (mA)
Yellow-green	--	4.1	--	100

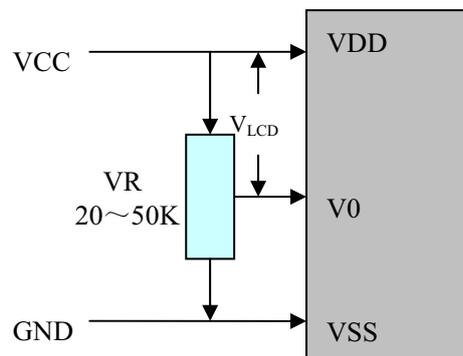
NOTE: Do not connect +5V directly to the backlight terminals. This will ruin the backlight.

CONNECTION WITH MCU



(1) Typical V0 connections for display contrast

Adjust V0 to +5.0V (VLCD=+5V) as an initial setting. When the module is operational, readjust V0 for optimal display appearance.



We recommend allowing field adjustment of V0 for all designs. The optimal value for V0 will change with temperature, variations in VDD, and viewing angle. V0 will also vary module-to-module and batch-to-batch due to normal manufacturing variations.

Ideally, adjustment to V0 should be available to the end user so each user can adjust the display to the optimal contrast for their required viewing conditions. As a minimum, your design should allow V0 to be adjusted as part of your product's final test.

Although a potentiometer is shown as a typical connection, V0 can be driven by your microcontroller, either by using a DAC or a filtered PWM. Displays that require V0 to be negative may need a level-shifting circuit. Please do not hesitate to contact Tinssharp application support for design assistance on your application.

(2) MPU Interface 4-bit/8-Bit

There are two types of data operations: 4-bit and 8-bit operations. Using 4-bit MPU, the interfacing 4-bit data is transferred by 4-busline (DB4~DB7). Thus, DB0 to DB3 bus lines are not used. Using 4-bit MPU to interface 8-bit data requires two times transferring. First, the higher 4-bit data is transferred by 4-busline (for 8-bit operation, DB7~DB4). Secondly, the lower 4-bit data is transferred by 4-busline (for 8-bit operation, DB3~DB0). For 8-bit MPU, the 8-bit data is transferred by 8-busline (DB0~DB7).



September 1983
Revised February 1999

MM74HC138 3-to-8 Line Decoder

MM74HC138 3-to-8 Line Decoder

General Description

The MM74HC138 decoder utilizes advanced silicon-gate CMOS technology and is well suited to memory address decoding or data routing applications. The circuit features high noise immunity and low power consumption usually associated with CMOS circuitry, yet has speeds comparable to low power Schottky TTL logic.

The MM74HC138 has 3 binary select inputs (A, B, and C). If the device is enabled, these inputs determine which one of the eight normally HIGH outputs will go LOW. Two active LOW and one active HIGH enables (G1, G2A and G2B) are provided to ease the cascading of decoders.

The decoder's outputs can drive 10 low power Schottky TTL equivalent loads, and are functionally and pin equivalent to the 74LS138. All inputs are protected from damage due to static discharge by diodes to V_{CC} and ground.

Features

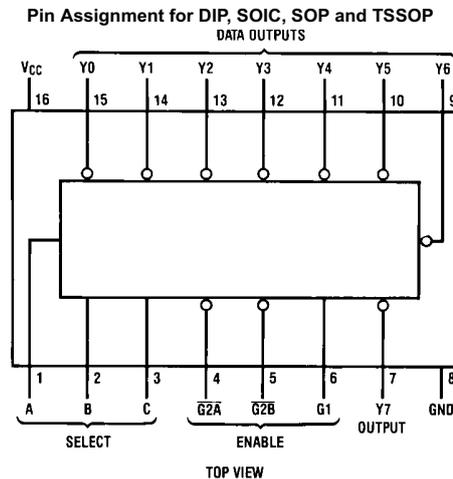
- Typical propagation delay: 20 ns
- Wide power supply range: 2V–6V
- Low quiescent current: 80 μ A maximum (74HC Series)
- Low input current: 1 μ A maximum
- Fanout of 10 LS-TTL loads

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
MM74HC138M	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
MM74HC138SJ	M16D	16-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
MM74HC138MTC	MTC16	16-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide
MM74HC138N	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



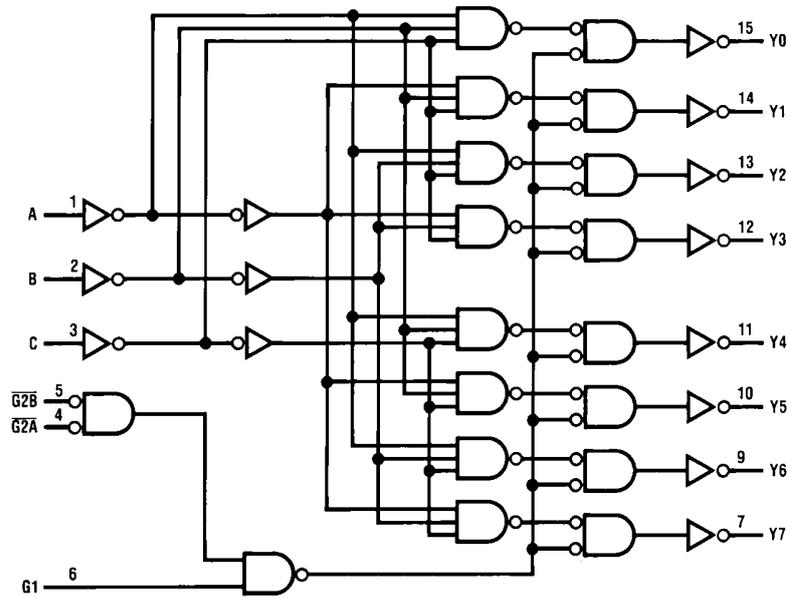
Truth Table

Inputs				Outputs								
Enable		Select			Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
G1	$\overline{G2}$ (Note 1)	C	B	A								
X	H	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	H	L	L	H	H	H	L	H	H	H	H
H	L	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H
H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H

H = HIGH Level, L = LOW Level, X = don't care

Note 1: $\overline{G2} = G2A + G2B$

Logic Diagram



Absolute Maximum Ratings (Note 2)		Recommended Operating Conditions		Min	Max	Units		
Supply Voltage (V_{CC})	- 0.5 to + 7.0V	Supply Voltage (V_{CC})		2	6	V		
DC Input Voltage (V_{IN})	- 1.5 to V_{CC} + 1.5V	DC Input or Output Voltage	(V_{IN}, V_{OUT})	0	V_{CC}	V		
DC Output Voltage (V_{OUT})	- 0.5 to V_{CC} + 0.5V	Operating Temperature Range (T_A)		-40	+85	°C		
Clamp Diode Current (I_{IK}, I_{OK})	± 20 mA	Input Rise or Fall Times	(t_r, t_f) $V_{CC} = 2.0V$		1000	ns		
DC Output Current, per pin (I_{OUT})	± 25 mA		$V_{CC} = 4.5V$		500	ns		
DC V_{CC} or GND Current, per pin (I_{CC})	± 50 mA		$V_{CC} = 6.0V$		400	ns		
Storage Temperature Range (T_{STG})	- 65°C to + 150°C	Note 2: Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.						
Power Dissipation (P_D)	(Note 4) 600 mW	Note 3: Unless otherwise specified all voltages are referenced to ground.						
	S.O. Package only 500 mW	Note 4: Power Dissipation temperature derating — plastic "N" package: - 12 mW/°C from 65°C to 85°C.						
Lead Temperature (T_L)	(Soldering 10 seconds) 260°C							
DC Electrical Characteristics (Note 5)								
Symbol	Parameter	Conditions	V_{CC}	$T_A = 25^\circ C$		$T_A = -40 \text{ to } 85^\circ C$		Units
				Typ	Guaranteed Limits			
V_{IH}	Minimum HIGH Level Input Voltage		2.0V		1.5	1.5	V	
			4.5V		3.15	3.15	V	
			6.0V		4.2	4.2	V	
V_{IL}	Maximum LOW Level Input Voltage		2.0V		0.5	0.5	V	
			4.5V		1.35	1.35	V	
			6.0V		1.8	1.8	V	
V_{OH}	Minimum HIGH Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IH} \text{ or } V_{IL}$ $ I_{OUT} \leq 20 \mu A$	2.0V	2.0	1.9	1.9	V	
			4.5V	4.5	4.4	4.4	V	
			6.0V	6.0	5.9	5.9	V	
		$V_{IN} = V_{IH} \text{ or } V_{IL}$ $ I_{OUT} \leq 4.0 \text{ mA}$ $ I_{OUT} \leq 5.2 \text{ mA}$	4.5V	4.2	3.98	3.84	V	
			6.0V	5.7	5.48	5.34	V	
V_{OL}	Maximum LOW Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IH} \text{ or } V_{IL}$ $ I_{OUT} \leq 20 \mu A$	2.0V	0	0.1	0.1	V	
			4.5V	0	0.1	0.1	V	
			6.0V	0	0.1	0.1	V	
		$V_{IN} = V_{IH} \text{ or } V_{IL}$ $ I_{OUT} \leq 4.0 \text{ mA}$ $ I_{OUT} \leq 5.2 \text{ mA}$	4.5V	0.2	0.26	0.33	V	
			6.0V	0.2	0.26	0.33	V	
I_{IN}	Maximum Input Current	$V_{IN} = V_{CC} \text{ or } GND$	6.0V		±0.1	±1.0	µA	
I_{CC}	Maximum Quiescent Supply Current	$V_{IN} = V_{CC} \text{ or } GND$ $I_{OUT} = 0 \mu A$	6.0V		8.0	80	µA	
Note 5: For a power supply of 5V ± 10% the worst case output voltages (V_{OH} , and V_{OL}) occur for HC at 4.5V. Thus the 4.5V values should be used when designing with this supply. Worst case V_{IH} and V_{IL} occur at $V_{CC} = 5.5V$ and 4.5V respectively. (The V_{IH} value at 5.5V is 3.85V.) The worst case leakage current (I_{IN} , I_{CC} , and I_{OZ}) occur for CMOS at the higher voltage and so the 6.0V values should be used.								

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

August 1986
Revised March 2000

DM74LS04

Hex Inverting Gates

General Description

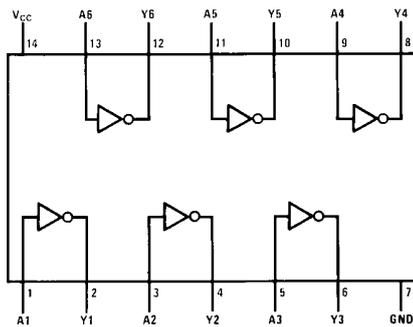
This device contains six independent gates each of which performs the logic INVERT function.

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS04M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
DM74LS04SJ	M14D	14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
DM74LS04N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Function Table

$$Y = \bar{A}$$

Input	Output
A	Y
L	H
H	L

H = HIGH Logic Level
L = LOW Logic Level

DM74LS04 Hex Inverting Gates

Absolute Maximum Ratings(Note 1)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V _{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	HIGH Level Input Voltage	2			V
V _{IL}	LOW Level Input Voltage			0.8	V
I _{OH}	HIGH Level Output Current			-0.4	mA
I _{OL}	LOW Level Output Current			8	mA
T _A	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 2)	Max	Units
V _I	Input Clamp Voltage	V _{CC} = Min, I _I = -18 mA			-1.5	V
V _{OH}	HIGH Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OH} = Max, V _{IL} = Max	2.7	3.4		V
V _{OL}	LOW Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OL} = Max, V _{IH} = Min		0.35	0.5	V
		I _{OL} = 4 mA, V _{CC} = Min		0.25	0.4	
I _I	Input Current @ Max Input Voltage	V _{CC} = Max, V _I = 7V			0.1	mA
I _{IH}	HIGH Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 2.7V			20	μA
I _{IL}	LOW Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 0.4V			-0.36	mA
I _{OS}	Short Circuit Output Current	V _{CC} = Max (Note 3)	-20		-100	mA
I _{CCH}	Supply Current with Outputs HIGH	V _{CC} = Max		1.2	2.4	mA
I _{CCL}	Supply Current with Outputs LOW	V _{CC} = Max		3.6	6.6	mA

Note 2: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 3: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Switching Characteristics

at V_{CC} = 5V and T_A = 25°C

Symbol	Parameter	R _L = 2 kΩ				Units
		C _L = 15 pF		C _L = 50 pF		
		Min	Max	Min	Max	
t _{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	3	10	4	15	ns
t _{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	3	10	4	15	ns



Octal High Voltage, High Current Darlington Transistor Arrays

The eight NPN Darlington connected transistors in this family of arrays are ideally suited for interfacing between low logic level digital circuitry (such as TTL, CMOS or PMOS/NMOS) and the higher current/voltage requirements of lamps, relays, printer hammers or other similar loads for a broad range of computer, industrial, and consumer applications. All devices feature open-collector outputs and free wheeling clamp diodes for transient suppression.

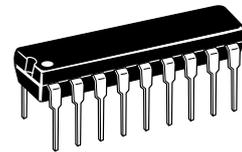
The ULN2803 is designed to be compatible with standard TTL families while the ULN2804 is optimized for 6 to 15 volt high level CMOS or PMOS.

Order this document by ULN2803/D

ULN2803 ULN2804

OCTAL PERIPHERAL DRIVER ARRAYS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA



A SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ and rating apply to any one device in the package, unless otherwise noted.)

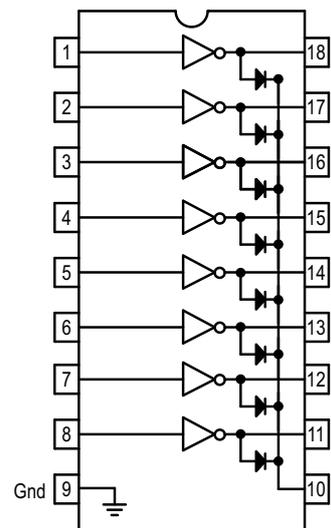
Rating	Symbol	Value	Unit
Output Voltage	V_O	50	V
Input Voltage (Except ULN2801)	V_I	30	V
Collector Current – Continuous	I_C	500	mA
Base Current – Continuous	I_B	25	mA
Operating Ambient Temperature Range	T_A	0 to +70	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Junction Temperature	T_J	125	$^\circ\text{C}$

$R_{\theta JA} = 55^\circ\text{C/W}$
Do not exceed maximum current limit per driver.

ORDERING INFORMATION

Device	Characteristics		
	Input Compatibility	$V_{CE}(\text{Max})/I_C(\text{Max})$	Operating Temperature Range
ULN2803A	TTL, 5.0 V CMOS	50 V/500 mA	$T_A = 0$ to $+70^\circ\text{C}$
ULN2804A	6 to 15 V CMOS, PMOS		

PIN CONNECTIONS



ULN2803 ULN2804

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Output Leakage Current (Figure 1) ($V_O = 50\text{ V}$, $T_A = +70^\circ\text{C}$) ($V_O = 50\text{ V}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$) ($V_O = 50\text{ V}$, $T_A = +70^\circ\text{C}$, $V_I = 6.0\text{ V}$) ($V_O = 50\text{ V}$, $T_A = +70^\circ\text{C}$, $V_I = 1.0\text{ V}$)	All Types All Types ULN2802 ULN2804	I_{CEX}	– – – –	– – – –	100 50 500 500	μA
Collector–Emitter Saturation Voltage (Figure 2) ($I_C = 350\text{ mA}$, $I_B = 500\text{ }\mu\text{A}$) ($I_C = 200\text{ mA}$, $I_B = 350\text{ }\mu\text{A}$) ($I_C = 100\text{ mA}$, $I_B = 250\text{ }\mu\text{A}$)	All Types All Types All Types	$V_{CE(sat)}$	– – –	1.1 0.95 0.85	1.6 1.3 1.1	V
Input Current – On Condition (Figure 4) ($V_I = 17\text{ V}$) ($V_I = 3.85\text{ V}$) ($V_I = 5.0\text{ V}$) ($V_I = 12\text{ V}$)	ULN2802 ULN2803 ULN2804 ULN2804	$I_{I(on)}$	– – – –	0.82 0.93 0.35 1.0	1.25 1.35 0.5 1.45	mA
Input Voltage – On Condition (Figure 5) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 300\text{ mA}$) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 200\text{ mA}$) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 250\text{ mA}$) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 300\text{ mA}$) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 125\text{ mA}$) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 200\text{ mA}$) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 275\text{ mA}$) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 350\text{ mA}$)	ULN2802 ULN2803 ULN2803 ULN2803 ULN2804 ULN2804 ULN2804 ULN2804	$V_{I(on)}$	– – – – – – – –	– – – – – – – –	13 2.4 2.7 3.0 5.0 6.0 7.0 8.0	V
Input Current – Off Condition (Figure 3) ($I_C = 500\text{ }\mu\text{A}$, $T_A = +70^\circ\text{C}$)	All Types	$I_{I(off)}$	50	100	–	μA
DC Current Gain (Figure 2) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 350\text{ mA}$)	ULN2801	h_{FE}	1000	–	–	–
Input Capacitance		C_I	–	15	25	pF
Turn–On Delay Time (50% E_I to 50% E_O)		t_{on}	–	0.25	1.0	μs
Turn–Off Delay Time (50% E_I to 50% E_O)		t_{off}	–	0.25	1.0	μs
Clamp Diode Leakage Current (Figure 6) ($V_R = 50\text{ V}$)	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = +70^\circ\text{C}$	I_R	–	–	50 100	μA
Clamp Diode Forward Voltage (Figure 7) ($I_F = 350\text{ mA}$)		V_F	–	1.5	2.0	V

ULN2803 ULN2804

TEST FIGURES

(See Figure Numbers in Electrical Characteristics Table)

Figure 1.

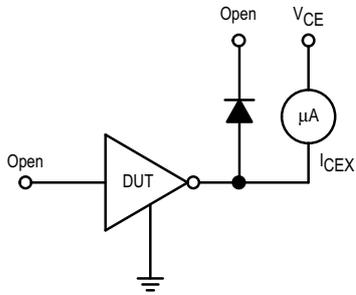


Figure 2.

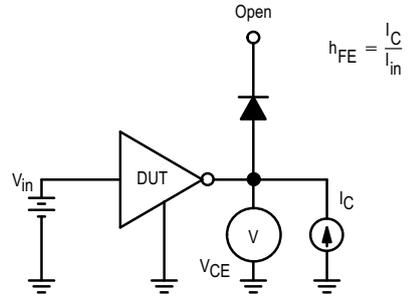


Figure 3.

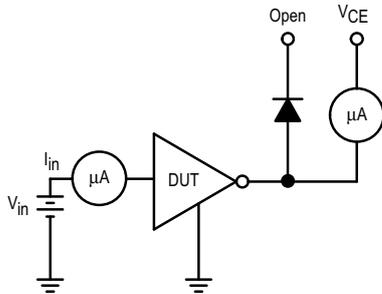


Figure 4.

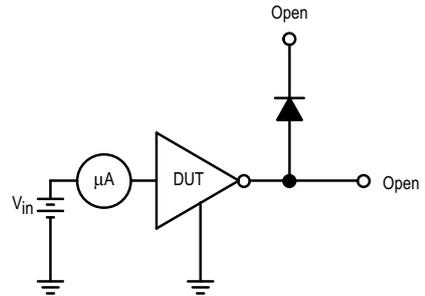


Figure 5.

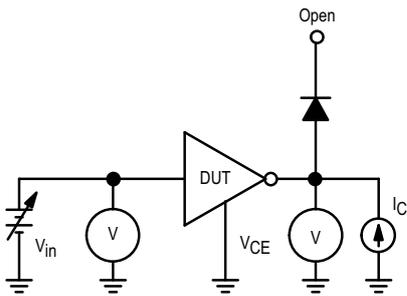


Figure 6.

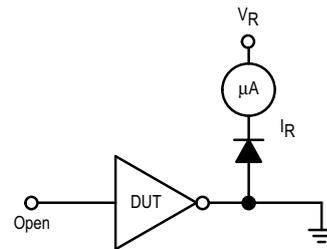
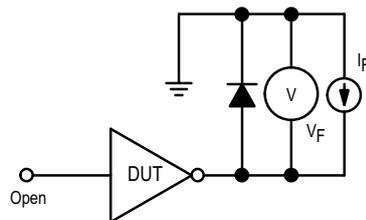


Figure 7.



//: ALGORITMO DE PROGRAMACION: //

//AUTORES:

LUIS CARLOS MARROQUIN CASTILLA-JORGE LUIS ZUÑIGA//

//: 2012 ://

```
//:.....: __ENCABEZADO__ :.....:
#include <16f877A.h>
#use delay (clock=4000000)
#fuses XT,NOWDT,NOPROTECT
#include <lcd.c>
#byte TRISA =0x85
#byte TRISC =0x87
#byte TRISD =0x88
#byte TRISE =0x89
#byte PORTA =0x05
#byte PORTC =0x07
#byte PORTD =0x08
#byte PORTE =0x09
//:.....: __DECLARACION DE VARIABLES Y FUNCIONES__ :.....:
intsalir=0;
int up , down, up1, down1, bloqup, bloqdown ;
intsubirbajarC (int up, intdown, intbloqup, intbloqdown ) {//FUNCION PARA SUBIR Y BAJAR PUERTO C
lcd_putc("\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"Presione Subir,");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"Bajar o Salir");
delay_ms(2000);
salir=0;
do{ // -----ciclo para subir o bajar
if ((bit_test(PORTA,2)==1) & (bit_test(PORTC,bloqup)==0)) {//-----se presiona ARRIBA
PORTC=up;
}
else {
PORTC=16;
if ((bit_test(PORTA,3)==1) & (bit_test(PORTC,bloqdown )==0) ){//---se presiona ABAJO
PORTC=down;
```

```

    }
else {
    PORTC=0;
if (bit_test(PORTA,4)==1){!--se presiona ATRAS para salir de la desicion
salir=1;!--se especifica en 1 para salir del ciclo.
lcd_putc("\n");
break;!--sale de la funcion.
    }
    }
}
}
while(salir==0);!--condicion de sinalizacion.
}
intsubirbajarE (int up, intdown, intbloqup, intbloqdown ) {!--FUNCION PARA SUBIR Y BAJAR PUERTO E
lcd_putc("\n");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"Presione Subir,");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"Bajar o Salir");
delay_ms(2000);
salir=0;
do{ --ciclo para subir o bajar
if ((bit_test(PORTA,2)==1) & (bit_test(PORTE,bloqup)==0)) {!--se presiona ARRIBA
    PORTC=up;
    }
else {
    PORTC=0;
if ((bit_test(PORTA,3)==1) & (bit_test(PORTE,bloqdown )==0) ){!--se presiona ABAJO
PORTC=down;
    }
else {
break;!--sale de la funcion.
    }
    }
}
}
while(salir==0);!--condicion de sinalizacion.
}

```

```

intsubirbajarD (int up, intdown, intbloqup, intbloqdown ) {/-----FUNCION PARA SUBIR Y BAJAR LADO D
lcd_putc("\n");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"Presione Subir,");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"Bajar o Salir");
delay_ms(2000);
salir=0;
do{ // -----ciclo para subir o bajar
if ((bit_test(PORTA,2)==1) & (bit_test(PORTD,bloqup)==0)) {/-----se presiona ARRIBA
    PORTC=up;
    }
else {
    PORTC=0;
if ((bit_test(PORTA,3)==1) & (bit_test(PORTD,bloqdown )==0)) {/-----se presiona ABAJO
PORTC=down;
    }
else {
    PORTC=0;
if (bit_test(PORTA,4)==1){/-----se presiona ATRAS para salir de la desicion
salir=1;/-----se especifica en 1 para decir que ya no..Y SALIR DE LA FUNCION
lcd_putc("\n");
break;} //-----n de ciclo si se escoge un si en la segunda desicion
    }
    }
}
while(salir==0);/-----fi
}
}

//:....._CUERPO DEL ALGORITMO DE PROGRAMACION_.....//
void main (){/-----FUNCION PRINICIPAL
set_tris_a(0x0F);
set_tris_c(0xC0);
set_tris_d(0xFF);
set_tris_E(0xFF);
PORTC=0x00;
PORTA=0x00;
PORTD=0x00;

```

```

lcd_init ();
lcd_putc("\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc," Bienvenido AL");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"AulaMovil SENA");
delay_ms(2000);
INICIO:
lcd_gotoxy(1,1);
lcd_putc("\f");
printf(lcd_putc," Seleccione el ");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"Modo de Control ");
lcd_gotoxy(1,1);
delay_ms(1000);
printf(lcd_putc,"1:AUTOMATICO ");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"2:MANUAL ");
//delay_ms(1000);
do{
    //:.....MODO AUTOMATICO:.....
if ( (bit_test(PORTA,0)==0) & (bit_test(PORTA,1)==1)){
lcd_putc("\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"-MODO AUTOMATICO");
delay_ms(1000);
    AUTO1:
lcd_putc("\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"1: Abrir Aula ");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"2: Cerrar Aula ");
do {
if (bit_test(PORTA,4)==1){//-----condicion para salir de la pregunta
GOTO INICIO;
    }
    //:.....abrirAula:.....
if ( (bit_test(PORTA,0)==0) & (bit_test(PORTA,1)==1)){

```

```

lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"Abriendo  ");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"Lado izquierdo.. ");
while (bit_test(PORTE,0)==0){
    PORTC=24;
}
Delay_ms(1000);
while (bit_test(PORTD,0)==0){
    PORTC=26;
}
Delay_ms(1000);
while (bit_test(PORTD,2)==0){
    PORTC=28;
}
PORTC=0;
up1=30;
down1=31;

bloqup=1;
bloqdown=1;
Anclajes (up1,down1,bloqup,bloqdown );
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"abriendo  ");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"lado derecho.. ");
while (bit_test(PORTD,4)==0){
    PORTC=40;
}
delay_ms(1000);
while (bit_test(PORTD,6)==0){
    PORTC=42;
}
delay_ms(1000);
while (bit_test(PORTC,6)==0){
    PORTC=44;
}
PORTC=0;

```

```

        up1=46;
        down1=47;
    bloqup=7;
    bloqdown=7;
    Anclajes (up1,down1,bloqup,bloqdown );
        GOTO AUTO1;
    }
    //::::::::::::::::::Cerrar::::::::::::::::::
if ( (bit_test(PORTA,0)==1) & (bit_test(PORTA,1)==0)){
if (bit_test(PORTD,0)==1){
    lcd_putc("\f");
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(lcd_putc," Lado Derecho ");
    delay_ms(1000);
        up1=46;
        down1=47;

    bloqup=7;
    bloqdown=7;
    Anclajes (up1,down1,bloqup,bloqdown );
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(lcd_putc,"cerrando ");
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc,"Lado derecho.. ");
    while (bit_test(PORTC,7)==0){
        PORTC=45;
    }
    while (bit_test(PORTD,7)==0){
        PORTC=43;
    }

    Delay_ms(1000);
    while (bit_test(PORTD,5)==0){
    PORTC=41;
        }
        PORTC=0;

    lcd_putc("\f");
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(lcd_putc,"Lado Izquierdo");
    delay_ms(1000);

```

```

        up1=30;
        down1=31;

    bloqup=1;
    bloqdown=1;
    Anclajes (up1,down1,bloqup,bloqdown );
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(lcd_putc,"cerrando  ");
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc,"Lado Izquierdo..  ");
    while (bit_test(PORTD,3)==0){
        PORTC=29;
    }
    while (bit_test(PORTD,1)==0){
        PORTC=27;
    }
    while (bit_test(PORTE,1)==0){
        PORTC=25;
    }
        PORTC=0;
        GOTO AUTO1;
    }
}

}while (1);
}

//:.....MODO MANUAL:.....
if ( (bit_test(PORTA,0)==1) & (bit_test(PORTA,1)==0)){
MODOS:
lcd_putc("\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"1:M. Aprendiz ");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"2:M.Avanzado ");
delay_ms(700);

do{
if (bit_test(PORTA,4)==1){

```

```

        GOTO INICIO;
    }
    //::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::
if ( (bit_test(PORTA,0)==0) & (bit_test(PORTA,1)==1)){
    APRENDIZ:
    lcd_putc("\n");
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(lcd_putc,"seleccione lado ");
    delay_ms(1000);
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(lcd_putc,"1:Derecho  ");
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc,"2:Izquierdo  ");
    do{
        if (bit_test(PORTA,4)==1){
            GOTO MODOS;
        }
        //::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::
        if ( (bit_test(PORTA,1)==1) & (bit_test(PORTA,0)==0)){//-----SE SELECCIONA "1" CONTROL LADO
        DERECHO

        while (bit_test(PORTD,4)==0){
            lcd_putc("\n");
            lcd_gotoxy(1,1);
            printf(lcd_putc,"suba el techo ");
            delay_ms(1000);
            up=40;
            down=41;
            bloqup=4;
            bloqdown=5;
            subirbajarD (up,down,bloqup,bloqdown);
        }
        while (bit_test(PORTD,6)==0){
            lcd_putc("\n");
            lcd_gotoxy(1,1);
            printf(lcd_putc,"baje el piso  ");
            delay_ms(1000);
            up=42;

```

```

down=43;
bloqup=6;
bloqdown=7;
subirbajarD (up,down,bloqup,bloqdown);
        }
while (bit_test(PORTC,6)==0){
lcd_putc("\n");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"baje el soporte ");
delay_ms(1000);
up=44;
down=45;
bloqup=6;
bloqdown=7;
subirbajarC (up,down,bloqup,bloqdown);
        }
        up1=46;
        down1=47;

bloqup=7;
bloqdown=7;
Anclajes (up1,down1,bloqup,bloqdown );
GOTO APRENDIZ;
        }
        //:.....IZQUIERDO:.....
if ( ( bit_test(PORTA,1)==0) & (bit_test(PORTA,0)==1)){//-----SE SELECCIONA "2" CONTROL LADO
IZQUIERDO

while (bit_test(PORTE,0)==0){
lcd_putc("\n");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"suba el techo ");
delay_ms(1000);
up=24;
down=25;
bloqup=0;
bloqdown=1;
subirbajarE (up,down,bloqup,bloqdown);
        }

```

```

while (bit_test(PORTD,0)==0){
lcd_putc("\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"baje el piso  ");
delay_ms(1000);
up=26;
down=27;
bloqup=0;
bloqdown=1;
subirbajarD (up,down,bloqup,bloqdown);
        }

while (bit_test(PORTD,2)==0){
lcd_putc("\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"baje el soporte  ");
delay_ms(2000);
up=28;
down=29;
bloqup=2;
bloqdown=3;
subirbajarD (up,down,bloqup,bloqdown);
        }
        up1=30;
        down1=31;

bloqup=1;
bloqdown=1;
Anclajes (up1,down1,bloqup,bloqdown);
        GOTO APRENDIZ;
        }
}while (1);
        }

//:.....:AVANZADO:.....:

if ( (bit_test(PORTA,0)==1) & (bit_test(PORTA,1)==0)){

lcd_putc("\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"-MODO AVANZADO-");

```

```

delay_ms(1000);

while (1){ //-----CICLO PRINCIPAL PARA REPETIR TODAS LA PREGUNTAS
MENU:
lcd_putc("\n");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"1:Ctrl Derecho");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"2:Ctrl Izquierdo");

do { //-----CICLO PARA SELECCIONAR EL LADO.
if (bit_test(PORTA,4)==1){ //-----CONDICION PARA SALIR DE LA PREGUNTA.
        GOTO MODOS;
    }
    //:.....LADO IZQUIERDO:.....
if ( (bit_test(PORTA,0)==1) & (bit_test(PORTA,1)==0)){ //-----SE SELECCIONA "SI" CONTROL LADO
DERECHO
MENU:
lcd_putc("\n");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc," Que desea ");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc," controlar?");
delay_ms(1000);
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"1:TECHO 3:SOPORTE ");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"2:PISO 4:ANCLAJE ");

do {
if (bit_test(PORTA,4)==1){
        GOTO MENU;
    }
    if ( (bit_test(PORTA,0)==0) & (bit_test(PORTA,1)==1) & (bit_test(PORTA,2)==0)&
(bit_test(PORTA,3)==0)){ // se seleccionatecho
up=40;
down=41;
bloqup=0;          //coordenadas de los sensores en el puerto E

```

```

bloqdown=1;           //coordenadas de los sensores en el puerto E
subirbajarE (up,down,bloqup,bloqdown);

goto MENU;
    }
    else if ( (bit_test(PORTA,0)==1) & (bit_test(PORTA,1)==0) & (bit_test(PORTA,2)==0)&
(bit_test(PORTA,3)==0)){// se selecciona piso
if (bit_test(PORTE,0)==1){//-----si esta abierto el techo.
up=42;
down=43;
bloqup=0;           //coordenadas de los sensores en el puerto D
bloqdown=1;        //coordenadas de los sensores en el puerto D
subirbajarD (up,down,bloqup,bloqdown);

goto MENU;
    }
}
else{//-----si esta cerrado el techo.
lcd_putc("\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"debe subir techo");
delay_ms(2000);
goto MENU;
    }
}
    else if ( (bit_test(PORTA,0)==0) & (bit_test(PORTA,1)==0) & (bit_test(PORTA,2)==1)&
(bit_test(PORTA,3)==0)){// se selecciona soporte
up=44;
down=45;
bloqup=2;           //coordenadas de los sensores en el puerto D
bloqdown=3;        //coordenadas de los sensores en el puerto D
subirbajarD (up,down,bloqup,bloqdown);
goto MENU;
    }
}
    else if ( (bit_test(PORTA,0)==0) & (bit_test(PORTA,1)==0) & (bit_test(PORTA,2)==0)&
(bit_test(PORTA,3)==1)){// se selecciona anclaje
up=46;
down=47;
bloqup=3;           //coordenadas de los sensores en el puerto D

```

```

bloqdown=3;           //coordenadas de los sensores en el puerto D
subirbajarD(up,down,bloqup,bloqdown);
goto MENU;
    }
}while (1);
    //::::::::::::::::::::::::::::::::::::LADO DERECHO::::::::::::::::::::::::::::::::::
} else if ( (bit_test(PORTA,1)==1) & (bit_test(PORTA,0)==0)){
    MENU1:
    lcd_putc("\f");
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(lcd_putc," Que desea ");
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc," controlar?");
    delay_ms(1000);
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(lcd_putc,"1:TECHO 3:SOPORTE ");
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc,"2:PISO 4:ANCLAJE ");
    do {
    if (bit_test(PORTA,4)==1){//-----Condicionparasalir
        GOTO MENU;
    }
    if ( (bit_test(PORTA,0)==0) & (bit_test(PORTA,1)==1) & (bit_test(PORTA,2)==0)&
(bit_test(PORTA,3)==0)){//se seleccionatecho.
    up=40;
    down=41;
    bloqup=4;           //coordenadas de los sensores en el puerto D
    bloqdown=5;        //coordenadas de los sensores en el puerto D
    subirbajarD (up,down,bloqup,bloqdown);

    goto MENU1;
    }
    else if ( (bit_test(PORTA,0)==1) & (bit_test(PORTA,1)==0) & (bit_test(PORTA,2)==0)&
(bit_test(PORTA,3)==0)){//se seleccionapiso
    if (bit_test(PORTD,4)==1){//-----si esta abierto el techo.
    up=42;
    down=43;
    bloqup=6;           //coordenadas de los sensores en el puerto D

```

```

bloqdown=7;          //coordenadas de los sensores en el puerto D
subirbajarD (up,down,bloqup,bloqdown);
goto MENU1;
                    }
else {/-------si esta cerrado el techo.
lcd_putc("\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc,"Debe subir techo");
delay_ms(2000);
goto MENU1;
                    }
                }
                else if ( (bit_test(PORTA,0)==0) & (bit_test(PORTA,1)==0) & (bit_test(PORTA,2)==1)&
(bit_test(PORTA,3)==0))/--se selecciona soporte.
up=44;
down=45;
bloqup=6;          //coordenadas de los sensores en el puerto D
bloqdown=7;        //coordenadas de los sensores en el puerto D
subirbajarC (up,down,bloqup,bloqdown);
goto MENU1;
                    }
                else if ( (bit_test(PORTA,0)==0) & (bit_test(PORTA,1)==0) & (bit_test(PORTA,2)==0)&
(bit_test(PORTA,3)==1))/--se selecciona anclaje.
up=46;
down=47;
bloqup=7;          //coordenadas de los sensores en el puerto D
bloqdown=7;        //coordenadas de los sensores en el puerto D
subirbajarC (up,down,bloqup,bloqdown);
goto MENU1;
}while (1);
                    }
                } while (1);
            }
        } while (1);
    }
} while (1);
}

```

IMÁGENES DEL CONTROL DEL AULA MÓVIL











Cartagena, 28 de Septiembre de 2012



Sr (es):

COMITÉ EVALUADOR PROYECTOS DE GRADO

Universidad Tecnológica de Bolívar

Cordial saludo.

El CENTRO PARA LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA Regional Bolívar da CONSTANCIA DE APROBACIÓN al proyecto DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO EN AULAS MOVILES DE APRENDIZAJE, el cual es desarrollado por los señores JORGE LUIS ZÚÑIGA MARTÍNEZ y LUIS CARLOS MARROQUIN CASTILLA, identificados con C.C. 1.128.051.128 de Cartagena y C.C. 1.128.050.740 de Cartagena, respectivamente. Este proyecto es coordinado por instructores del área de AUTOMATIZACION de este centro..

El proyecto cumple con los objetivos y se encuentra apto para desempeñar la funcionalidad propuesta.

En virtud de lo anterior los abajo firmantes dan certeza de que la información aquí suministrada es veraz.

Agradeciendo la atención prestada.

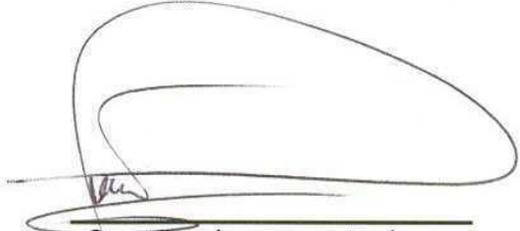
Cordialmente,



Coordinador Misional CIP
C.C. 3048.679
Cel. 321-7998421



Instructor Aula Móvil
C.C. 73.126.039.4942
Cel. 3006860879.



Coordinador proyecto de
Aulas Móviles
C.C. 9086048 @gccc
Cel. 3156984271.