

**CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR VERTICAL DE DOS NIVELES,
ELECTROMECAÁNICO PARA EL DESPLAZAMIENTO DE UNA PERSONA CON
LIMITACIONES FÍSICAS.**

**ALEJANDRO HERNÁNDEZ VELÁSQUEZ
DANIEL ALEJANDRO CALLE ARROYAVE
JOHN DAVID ARROYAVE LONDOÑO**

**TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
FACULTAD DE MECÁNICA Y ELÉCTRICA
TECNOLOGÍA EN MECATRÓNICA Y EN ELECTROMECAÁNICA
MEDELLÍN
2011**

**CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR VERTICAL DE DOS NIVELES,
ELECTROMECAÁNICO PARA EL DESPLAZAMIENTO DE UNA PERSONA CON
LIMITACIONES FÍSICAS.**

**ALEJANDRO HERNÁNDEZ VELÁSQUEZ
DANIEL ALEJANDRO CALLE ARROYAVE
JOHN DAVID ARROYAVE LONDOÑO**

**Trabajo de grado para optar por el título de tecnólogo en Electromecánica y
tecnólogo en Mecatrónica**

**Asesor
Guillermo Carvajal Rincón
Estudiante de Maestría en Gestión Energética Industrial**

**TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
FACULTAD DE MECÁNICA Y ELÉCTRICA
TECNOLOGÍA EN MECATRÓNICA Y EN ELECTROMECAÁNICA
MEDELLÍN
2011**

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a Dios por darnos una vida, la misericordia, la fortaleza, las capacidades y aptitudes necesarias para lograr nuestro objetivo, desarrollar este proyecto.

Al asesor Guillermo Carvajal Rincón por su aporte en la ejecución de este proyecto, al Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria y a los profesores que durante todo este proceso educativo nos compartieron sus conocimientos en las diferentes áreas de la tecnología.

Por último pero no menos importante a nuestras familias por su infinita comprensión y apoyo; sin ellos la culminación de este proyecto hubiera llevado más tiempo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	9
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	10
2. JUSTIFICACIÓN	11
3. OBJETIVOS	12
3.1 OBJETIVO GENERAL	12
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4. MARCO REFERENCIAL.....	13
4.1 AREAS DE CONOCIMIENTO APLICADAS AL PROYECTO	13
4.2 BASES TEORICAS	13
4.2.1 Microcontrolador.	13
4.2.2 Lenguaje de programación.....	14
4.2.3 Reguladores de voltaje	15
4.2.4 Opto acoplador.....	15
4.2.5 Relé de estado sólido.....	16
4.2.6 Amplificador de salidas ULN2003	16
4.2.7 Contactor.....	17
4.2.8 Pulsador	17
4.2.9 Interruptor de Control de Potencia	18

4.2.10	Finales de carrera.	18
4.2.11	Programador LD micro, lógica Ladder para PIC y AVR.....	19
4.2.12	Perfil en.....	20
4.2.13	Ángulos de acero de alas iguales	20
4.2.14	Procesos de soldadura MIG / MAG.....	21
4.2.15	Proceso de soldadura eléctrica o de electrodo revestido	24
4.2.16	Pinturas y barnices.....	27
4.2.17	Pinturas grasas y celulósicas	29
4.2.18	Las pinturas sintéticas y su evolución	30
4.2.19	Disolventes, diluyentes y pigmentos	32
4.2.20	Proceso de pintado	34
5.	DISEÑO METODOLOGICO.....	37
5.1	DESARROLLO DE OBJETIVOS.....	37
5.2	TIPO DE PROYECTO.....	37
5.3	SISTEMA DE CONTROL.....	37
5.3.1	Posicionamiento de pulsadores y finales de carrera.	38
5.3.2	Programación del microcontrolador.	39
5.4	DISEÑO DE TARJETA ELECTRONICA:	43
5.4.1	Esquemático.	43
5.4.2	Board	44
5.5	PLANO DE CONTROL ELEVADOR 2 NIVELES:	45
6.	RESULTADOS.....	48

6.1	PROCEDIMIENTO DE OBRA CIVIL.....	48
6.2	DISEÑO Y MONTAJE ELECTRÓNICO.....	49
6.3	DISEÑO Y MONTAJE FINAL AUTOMATIZADO CON PUERTAS.....	50
7.	RECURSOS.....	51
7.1	RECURSOS HUMANOS.....	51
7.2	RECURSOS TÉCNICOS.....	51
8.	CONCLUSIONES	52
9.	RECOMENDACIONES.....	53
10.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	54
	BIBLIOGRAFÍA.....	55

ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Microcontrolador	13
Ilustración 2. Regulador de voltaje.....	15
Ilustración 3. Opto acoplador 4n35	16
Ilustración 4. Relé de estado solido	16
Ilustración 5. ULN 2003	17
Ilustración 6. Contactor	17
Ilustración 7. Pulsador	18
Ilustración 8. Interruptor control de potencia.....	18
Ilustración 9. Final de carrera.....	19
Ilustración 10. Perfil en C.....	20
Ilustración 11. Proceso MIG-MAG	24
Ilustración 12. Soldeo con electrodo revestido	25
Ilustración 13. Extremo típico de un sobrante de electrodo.	26
Ilustración 14. Corte transversal de la zona del arco.	26
Ilustración 15. Posicionamiento de pulsadores y finales de carrera.....	38
Ilustración 16. Diseño de tarjeta.....	43
Ilustración 17. Plano sistema de rieles.....	45
Ilustración 18. Planos de cabina	46
Ilustración 19. Montaje de la estructura	47
Ilustración 20. Montaje de la estructura	48

Ilustración 21. Diseño y montaje electrónico.....48

Ilustración 22. Diseño y montaje final automatizado con puertas de seguridad...509

INTRODUCCIÓN

Un ascensor o elevador es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes alturas. Puede ser utilizado ya sea para ascender o descender en un edificio o una construcción subterránea. Se conforma con partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que funcionan conjuntamente para lograr un medio seguro de movilidad.

Investigando el mercado de los elevadores, tres estudiantes de dos tecnologías del Pascual Bravo se percataron que estos equipos la mayoría son importados y costosos, privando a gran parte de población de poder adquirirlos o en su defecto de recurrir a improvisados y artesanales sistemas que no cuentan con las mínimas condiciones de seguridad.

Estos estudiantes deciden hacer parte de la solución aplicando los conocimientos adquiridos en su proceso de formación y presentar como proyecto de grado, con la idea de construir un elevador que relacione seguridad-costo para brindar una solución más económica.

Además de lo anterior se visualiza la posibilidad de formación de una empresa; idea que es inculcada con fuerza por las Instituciones de educación superior a sus estudiantes.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El señor Luis Bernardo Muñoz es una persona minusválida que vive en un segundo nivel. Actualmente no cuenta con un mecanismo que le permita su movilidad sin depender de personas y de la disponibilidad de ellas. Es una persona que por su trabajo, conductor de un vehículo de servicio público, tiene que movilizarse en cualquier hora del día y gran cantidad de veces no se encuentra nadie con él para ayudarlo a salir o ingresar a su casa. Esta situación le genera adversidades y contra tiempos que disminuyen su calidad de vida.

2. JUSTIFICACIÓN

Un sistema de elevación comercialmente es demasiado costoso, por este motivo tres estudiantes deciden hacer parte de la solución, aplicando los conocimientos adquiridos en su proceso de formación tecnológica y presentar como proyecto de grado la idea de construir un elevador que relacione seguridad-costos para brindar una solución de movilidad en su residencia para el señor Luis Bernardo Muñoz.

Esta solución es de beneficio mutuo tanto para los estudiantes como para el señor Luis Bernardo Muñoz. Ya que los estudiantes lograrían obtener un prerrequisito para graduarse; además el señor Luis Bernardo Muñoz mejorara su calidad de vida.

Mencionando que el Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria también estaría beneficiado demostrando que está cumpliendo con sus funciones:

Suscitar en el estudiante una conciencia crítica y actitud científica frente a los problemas sociales y económicos de la sociedad colombiana, de manera que le permitan actuar como agente promotor del desarrollo.

A ejercer liderazgo en la comunidad a través de la identificación y análisis de los problemas sociales y la prestación de servicios para la solución de los mismos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Construir un elevador vertical de dos niveles electromecánico para el desplazamiento de una persona con limitaciones físicas en los miembros inferiores.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Definir tipo de elevador.

Realizar planos esquemáticos.

Seleccionar los materiales para la construcción.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 AREAS DE CONOCIMIENTO APLICADAS AL PROYECTO

Para el desarrollo del proyecto se aplicaron conceptos de las áreas de:

Dibujo
Circuitos
Lógica digital
Control de maquinas
Maquinas eléctricas
Resistencia de materiales
Procesos de soldadura
Metodología de la investigación

4.2 BASES TEORICAS

4.2.1 Microcontrolador. Es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica.

Un microcontrolador incluye en su interior las tres unidades funcionales principales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada y salida. Al ser fabricados, la EEPROM del microcontrolador no posee datos.

Para que pueda controlar algún proceso es necesario generar o crear y luego grabar en la EEPROM del microcontrolador algún programa, el cual puede ser escrito en lenguaje ASM u otro lenguaje para microcontroladores; Sin embargo, para que el programa pueda ser grabado en la EEPROM del microcontrolador, debe ser codificado en sistema numérico hexadecimal que es finalmente el sistema que hace trabajar al microcontrolador cuando éste es alimentado con el voltaje adecuado y asociado a dispositivos analógicos y discretos para su funcionamiento.

Ilustración 1. Microcontrolador



4.2.1.1 Controlador y Microcontrolador

Un controlador es un dispositivo electrónico encargado de, valga la redundancia, controlar uno o más procesos.

Por ejemplo, el controlador del aire acondicionado, recogerá la información de los sensores de temperatura, la procesará y actuará en consecuencia.

Al principio, los controladores estaban formados exclusivamente por componentes discretos. Más tarde, se emplearon procesadores rodeados de memorias, circuitos de E/S, sobre una placa de circuito impreso (PCB). Actualmente los controladores integran todos los dispositivos antes mencionados en un pequeño chip. Esto es lo que hoy conocemos con el nombre de microcontrolador.

Fuente. [Http://r-luis.xbot.es/pic1/pic01.html](http://r-luis.xbot.es/pic1/pic01.html)

4.2.2 Lenguaje de programación

Se han desarrollado todo tipo de lenguajes para los microcontroladores, pero los más usados son el Ensamblador, el Basic, el C, Ladder. Como toda máquina digital, el microcontrolador es capaz de entender exclusivamente el lenguaje binario grabado en la memoria. El lenguaje Ensamblador, que utiliza mnemónicos inteligentes, es una forma más humana de escribir los programas.

El lenguaje **Ensamblador**, es un lenguaje de programación de bajo nivel para los computadores, microprocesadores, microcontroladores y otros circuitos integrados programables.

Implementa una representación simbólica de los códigos de máquina binarios y otras constantes necesarias para programar una arquitectura dada de CPU y constituye la representación más directa del código máquina específico para cada arquitectura legible por un programador.

Esta representación es usualmente definida por el fabricante de hardware, y está basada en los mnemónicos que simbolizan los pasos de procesamiento (las instrucciones), los registros del procesador, las posiciones de memoria, y otras características del lenguaje.

Un lenguaje ensamblador es por lo tanto específico a cierta arquitectura de computador física (o virtual). Esto está en contraste con la mayoría de los lenguajes de programación de alto nivel, que idealmente son portables.

En la programación de computadoras, el **Basic**, es una familia de lenguajes de programación de alto nivel. El BASIC original, el Dartmouth BASIC, fue diseñado

como un medio para facilitar programar computadores a estudiantes (y profesores) que no fueran de ciencias. En ese tiempo, casi todo el uso de los computadores requería codificar software hecho a la medida, lo cual era algo bastante restringido a personas con formación como científicos y matemáticos. BASIC originalmente fue desarrollado como una herramienta de enseñanza. El lenguaje y sus variantes llegaron a estar ampliamente disponibles en los microcomputadores a finales de los años 1970 y en los años 1980. El BASIC sigue siendo popular hasta el día de hoy en un puñado de dialectos altamente modificados, y en nuevos lenguajes, influenciados por BASIC tales como Microsoft Visual Basic o Gambas en Gnu/Linux. El **Ladder**, también denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Para programar un autómata con Ladder, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje.

Fuente. <http://qbitacora.wordpress.com/2007/09/21/clasificacion-de-lenguajes-de-programacion>.

4.2.3 Reguladores de voltaje

Los circuitos integrados de las familias 78XX y 79XX permiten realizar fuentes de alimentación estables, ya sea fija o regulada de una manera sencilla.

Ilustración 2. Regulador de voltaje



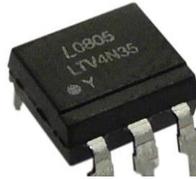
Fuente. <http://www.slideshare.net/wilmer03/regulador-de-voltaje-20101>.

4.2.4 Opto acoplador

O aislador acoplado ópticamente, es un dispositivo de emisión y recepción que funciona como un interruptor excitado mediante la luz emitida por un diodo LED que satura un componente optoelectrónico, normalmente en forma de fototransistor o fototriac. De este modo se combinan en un solo dispositivo semiconductor, un foto emisor y un foto receptor cuya conexión entre ambos es

óptica. Estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado que por lo general es del tipo DIP. Se suelen utilizar para aislar eléctricamente a dispositivos muy sensibles.

Ilustración 3. Opto acoplador 4n35



Fuente. <http://www.uv.es/marinjl/electro/opto.html>.

4.2.5 Relé de estado sólido

Se llama relé de estado sólido a un circuito híbrido, normalmente compuesto por un opto acoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo, que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia. Su nombre se debe a la similitud que presenta con un relé electromecánico; este dispositivo es usado generalmente para aplicaciones donde se presenta un uso continuo de los contactos del relé que en comparación con un relé convencional generaría un serio desgaste mecánico, además de poder conmutar altos amperajes que en el caso del relé electromecánico destruirían en poco tiempo los contactos. Estos relés permiten una velocidad de conmutación muy superior a la de los relés electromecánicos.

Ilustración 4. Relé de estado solido



Fuente. [Http://www.uv.es/marinjl/electro/reles.html](http://www.uv.es/marinjl/electro/reles.html)

4.2.6 Amplificador de salidas ULN2003

Debido a la pequeña potencia que suministran los microcontroladores, sólo podemos hacer funcionar directamente unos LED y poco más. Por este motivo es necesario amplificar las salidas en función de las cargas que vayamos a controlar.

Un método sencillo y económico es emplear el integrado ULN2003A, que es un conjunto de Darlington (darlington array) montados en un chip con el que podemos controlar cargas de hasta medio amperio. El chip lleva diodos de protección contra las sobretensiones producidas por cargas inductivas. Esto lo hace ideal para gobernar relés.

Ilustración 5. ULN 2003



Fuente. <http://www.tecnologiaseso.es/pdf/AMPLIFICADOR%20DE%20SALIDAS.pdf>

4.2.7 Contactor

Es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.

Ilustración 6. Contactor



Fuente. <http://www.sebyc.com/descargas/telesquemario/ManualElecTeleme.pdf>

4.2.8 Pulsador

Elemento que permite el paso o interrupción de la corriente mientras es accionado. Cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su posición de reposo. Puede ser el contacto normalmente cerrado en reposo NC, o con el contacto normalmente abierto NA. Consta del botón pulsador; una lámina conductora que establece contacto con los dos terminales al oprimir el botón y un muelle que hace recobrar a la lámina su posición primitiva al cesar la presión sobre el botón pulsador.

Ilustración 7. Pulsador



Fuente. <http://www.publysoft.net/~watos/pulsador.htm>

4.2.9 Interruptor de Control de Potencia

Es un interruptor magneto térmico automático que instala la compañía suministradora de energía eléctrica, al inicio de la instalación eléctrica de cada vivienda que controla la potencia consumida por el cliente en cada momento, de tal forma que, cuando dicha potencia consumida supera la potencia contratada, entra en acción automáticamente cortando el suministro eléctrico y es necesario rearmarlo para reanudarlo.

Ilustración 8. Interruptor control de potencia



Fuente. <http://www.slideshare.net/teoriaelectro/interruptores-de-potencia>

4.2.10 Finales de carrera.

son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.

Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, aquellas que realicen una carrera o recorrido fijo, como por ejemplo ascensores, montacargas, robots. Los finales de carrera están fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio.

Ilustración 9. Final de carrera



Fuente. <http://www.seguridadenmaquinas.com/pdfs/finalcarrera.pdf>

4.2.11 Programador LD micro, lógica Ladder para PIC y AVR.

LDmicro es un editor, simulador y compilador de lenguaje ladder para microcontroladores de 8-bits. Puede generar código nativo para procesadores de la serie AVR de Atmel y PIC16 de Microchip a partir de un diagrama ladder.

Principalmente LDmicro soporta:

Entradas y salidas digitales.

Entradas analógicas y salidas analógicas (PWM).

Variables enteras e instrucciones aritméticas.

Comunicación serial.

Registros de desplazamiento.

Acceso a memorias EEPROM.

4.2.11.1 Introducción.

Los controladores lógicos programables (PLC) son aparatos que fueron ideados originalmente para reemplazar los sistemas de control basados en lógica cableada. Un PLC, como cualquier microprocesador, ejecuta internamente un listado de instrucciones de manera secuencial. Esto no quiere decir que tengamos que aprender una a una las instrucciones. Para programarlos existen varios lenguajes, entre ellos el Ladder. Esta lógica nos permite dibujar un circuito uniendo contactos y bobinas de relés en la pantalla, simular el funcionamiento del esquema, y luego cargarlo en la memoria del equipo gracias a LDmicro, y con un poco de ingenio podemos armar un PLC para aplicarlo en control y automatización, tanto a nivel industrial como hogareño.

4.2.11.2 Soporte.

El compilador genera archivos en formato Intel IHEX. La mayoría de los programas dedicados a la carga de firmware en microcontroladores soportan este formato. Además será necesario un hardware adecuado para cargar el archivo en la memoria interna del microcontrolador a utilizar. Los siguientes microcontroladores son soportados y fueron probados exitosamente:

PIC16F877
PIC16F876
PIC16F628
ATmega64
ATmega128

Los siguientes microcontroladores son soportados pero aún no han sido probados. Es posible que funcionen, pero no hay garantías:

PIC16F88
PIC16F819
ATmega162
ATmega32
ATmega16

4.2.12 Perfil en C.

Los perfiles son elementos livianos que permiten un ahorro aproximado del 40% en el peso de la estructura y sus secciones optimizan la relación resistencia-peso, dando un excelente acabado para elementos a la vista. Son compatibles con diferentes sistemas constructivos.

Este producto se utiliza en la fabricación de pórticos, cerchas o cualquier otro tipo de estructuras metálicas.

Ilustración 10. Perfil en C



Fuente: http://www.acesco.com/acesco/index.php?option=com_content&task=view&id=60&Itemid=2
13

4.2.13 Ángulos de acero de alas iguales

Los ángulos son perfiles de acero con sección transversal en forma de "L" con alas de igual dimensión que forman un ángulo recto. Normalmente se comercializan en 6 metros de longitud; es un perfil estructural por excelencia.

Usos: Para uso en pequeña y gran industria metalmecánica, ornamentación, cerrajería, talleres, etc. Fabricados de acuerdo a la norma NTC 1920.

Referencias: En diversas referencias desde muy pequeños (2.5mm x 19mm) hasta muy grandes (1/2 x 4 pulgadas). La referencia se toma de acuerdo al calibre y al largo de los lados.

4.2.14 Procesos de soldadura MIG / MAG

4.2.14.1 Descripción del proceso

El soldeo por arco eléctrico con protección de gas, es un proceso en el cual el calor necesario es generado por un arco que se establece entre un electrodo consumible y el metal que se va a soldar. Un alambre macizo, desnudo, que se alimenta de forma continua automáticamente y se convierte en el metal depositado según se consume, realiza la función de electrodo.

El electrodo, arco, metal fundido y zonas adyacentes del metal base, quedan protegidas de la contaminación de los gases atmosféricos mediante una corriente de gas que se aporta por la tobera de la pistola, concéntricamente al alambre / electrodo.

4.2.14.2 Aplicaciones

El proceso MIG / MAG se puede utilizar para el soldeo de todos los materiales como aceros al carbón, inoxidable, aluminio. El electrodo es continuo, lo que aumenta la productividad por no tener que cambiar de electrodo y la tasa de deposición es elevada. Se pueden conseguir velocidades de soldeo mucho más elevadas que con electrodos revestidos.

Se trata un proceso de fácil aplicación que nos permite el soldeo en cualquier posición. Se pueden realizar soldaduras largas sin empalmes entre cordones. No se requiere eliminar ninguna escoria, puesto que no existe. Por otro lado, se trata de un equipo más costoso, de mayores dimensiones y que requiere instalación de gas lo que hace que se restrinja su uso a espacios industriales interiores.

4.2.14.3 Equipo de soldadura MIG / MAG:

4.2.14.3.1 Fuente de potencia

La fuente de energía deberá ser capaz de funcionar a elevadas intensidades y suministrar corriente continua de forma constante para que pueda fundir el alambre de aportación a medida que este fluye de forma continua,

esta fuente de potencia requerirá alimentación monofásica (1ph) o trifásica (3ph) según sea su potencia o por lo tanto consumo.

4.2.14.3.2 Sistema de alimentación de alambre

La unidad de alimentación de alambre es el dispositivo que hace que el alambre pase por el tubo de contacto de la pistola para fundirse en el arco. Los equipos MIG / MAG disponen de un sistema para variar la velocidad de avance del alambre, así como de una válvula magnética para el paso del gas. Un motor transmite la potencia a los rodamientos de arrastre de manera que estos desplazan el alambre desde la bobina a la punta de contacto de la antorcha.

Los rodillos en contacto son normalmente uno plano y el otro con bisel. El bisel es en forma de V para materiales duros como acero y acero inoxidable, y en forma de U para materiales blandos como el aluminio. Es imprescindible que seleccionar el rodillo de acuerdo con el diámetro de alambre.

4.2.14.3.3 Antorcha

Las pistolas para el soldeo por hilo continuo tienen que permitir que el alambre se mueva a través de ellas a una velocidad predeterminada y, en segundo lugar, transmitir la corriente de soldadura al alambre y dirigir el gas de protección, la antorcha se conecta al equipo mayoritariamente mediante EUROCONECTOR lo que facilita el cambio de la misma en caso de ser necesario. La longitud máxima recomendable para el soldeo de aceros al carbono e inoxidables es de 4m.

En estos casos la sirga (conducto por donde pasa el alambre a lo largo de la antorcha) es de acero. Durante el soldeo del aluminio mediante proceso MIG, la longitud recomendable son unos 3 m siendo la sirga en este caso de material más blando como puede ser el Teflón.

4.2.14.3.4 Pinza de masa

La conexión correcta de la pinza de masa es una consideración de importancia. La situación del cable es de especial relevancia en el soldeo. Un cable mal sujeto no proporcionará un contacto eléctrico consistente y la conexión se calentará, pudiendo producirse una interrupción en el circuito y la desaparición del arco. La zona de contacto de la pinza de masa debe estar totalmente limpia sin sustancias que puedan dificultar su correcto contacto como pinturas, barnices, aceites....

4.2.14.4 Parámetros para soldar

4.2.14.4.1 Materiales de aportación

El hilo o alambre realiza la función de electrodo durante el proceso de soldeo y aporta el material necesario para realizar la unión.

Los alambres empleados suelen ser de los diámetros 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 y se suministran en bobinas que se colocan directamente sobre los sistemas de alimentación. Para conseguir una alimentación suave y uniforme el alambre debe estar bobinado en capas perfectamente planas y es necesario que no esté tirante durante su suministro.

Los alambres de acero reciben a menudo un recubrimiento de cobre que mejora el contacto eléctrico, la resistencia a la corrosión y disminuye el rozamiento con los distintos sistemas de alimentación y la antorcha. El material de aportación tiene que ser similar en composición química del metal base. Cuando se varía el diámetro del alambre utilizado se debe cambiar el tubo-guía. El tubo de contacto y ajustar los rodillos a la nueva medida de alambre.

4.2.14.4.2 Soldadura hilo sin gas

Existe un tipo de alambre denominado “hilo animado” o “hilo tubular” que permite el soldeo sin la necesidad de aportar gas de protección. Esto lo hace ideal para soldar en exteriores o en ambientes con grandes corrientes de aire. Para poder soldar con este tipo de alambre es necesario disponer de equipos que nos permitan invertir la polaridad.; antorcha al polo negativo (-) y pinza de masa al polo positivo (+).

4.2.14.4.3 Velocidad del hilo

La velocidad del hilo debe regularse de acorde con la intensidad de soldadura de manera que el alambre se funda homogéneamente. Si se varía la potencia de soldadura para adaptarla a un nuevo material o a una nueva medida de alambre, se debe al mismo tiempo modificar la velocidad del hilo.

+ Intensidad = + velocidad-intensidad = - velocidad

4.2.14.4.4 Intensidad de soldadura

Este parámetro se selecciona en función del material a soldar, el grosor del mismo y el diámetro del alambre. La intensidad seleccionada condicionará la velocidad del hilo.

4.2.14.4.5 Gases de protección

El objetivo fundamental del gas de protección es la de proteger al metal fundido de la contaminación por atmósfera circundante. Muchos otros factores afectan a la elección del gas de protección. Alguno de estos son: material a soldar, modo de transferencia de metal de aportación deseado, penetración y forma del cordón, velocidad de soldeo y por supuesto precio del gas.

Generalizado, los gases más comúnmente utilizados son:

Gas de protección

Argón 8argón 85% + dióxido de carbono 15%5% + dióxido de carbono 15%

Acero inoxidable

Aluminio

Argón 100%

El caudal de gas a utilizar dependerá de las condiciones en las que estemos trabajando, Pero por lo general podemos calcularlo a base de 10 veces el diámetro del hilo. Ejemplo Hilo de 0,8mm x 10 = 8 L/min.

Ilustración 11. Proceso MIG-MAG



Fuente. <http://weldingmigmag.blogspot.com/>

4.2.15 Proceso de soldadura eléctrica o de electrodo revestido

La **soldadura manual por arco eléctrico con electrodo revestido** es la forma más común de soldadura. Se suele utilizar la denominación abreviada SMAW (del inglés *Shielded metal arc welding*) o MMA (*manual metal arc welding*).

Mediante una corriente eléctrica (ya sea corriente alterna o corriente continua) se forma un arco eléctrico entre el metal a soldar y el electrodo utilizado, produciendo la fusión de éste y su depósito sobre la unión soldada.

Los electrodos suelen ser de acero suave, y están recubiertos con un material fundente que crea una atmósfera protectora que evita la oxidación del metal fundido y favorece la operación de soldeo. El electrodo recubierto utilizado en la soldadura por arco fue inventado por Oscar Kjellberg.

La polaridad de la corriente eléctrica afecta la transferencia de calor a las piezas unidas. Normalmente el polo positivo (+) se conecta al electrodo aunque, para soldar materiales muy delgados, se conecta al electrodo el polo negativo (-) de una fuente de corriente continua. La posición más favorable para la soldadura es el plano (PA) pero se pueden realizar en cualquier posición.

La intensidad y la tensión adecuada para la operación de soldeo se obtienen mediante un transformador. Por medio de diferentes sistemas aplicados al secundario se pueden obtener diversas tensiones, adecuando la potencia del arco al tamaño de las piezas a soldar.

Este equipo existe en versiones muy sencillas que permiten realizar pequeños trabajos de bricolaje.

4.2.15.1 Normas de seguridad

Al realizar este tipo de trabajos hay que tener en cuenta que las radiaciones que se generan en el arco eléctrico (luminosas, ultravioletas e infrarrojas) puede producir daños irreversibles en la retina si se fija la vista directamente sobre el punto de soldadura, además de quemaduras en la piel.

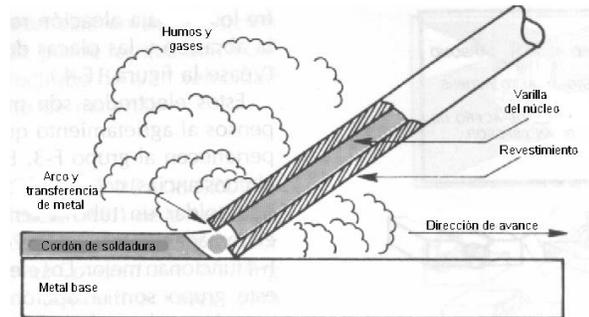
Para la protección ocular existen pantallas con cristales especiales, denominados cristales inactínicos, que presentan diferentes niveles de retención de las radiaciones nocivas en función del amperaje utilizado, siendo de este modo totalmente segura la actividad.

Se clasifican por tonos, siendo los más utilizados los de tono 11 o 12 (120 A), se tintan de tono verde o azul y están clasificados según diferentes normas. Existen caretas automáticas en las que al empezar a soldar automáticamente se activa la protección y cuando se deja de soldar se quita la protección ocular.

Soldado con electrodo revestido (111 ó smaw). El soldeo por arco con electrodo revestido es un proceso en el que la fusión del metal se produce gracias al calor generado por un arco eléctrico establecido entre el extremo de un electrodo revestido y el metal base de una unión a soldar.

Como consecuencia de la elevada temperatura que se produce con el arco, el electrodo se funde en forma de pequeñas gotas (material de aportación) constituyendo así el cordón de soldadura.

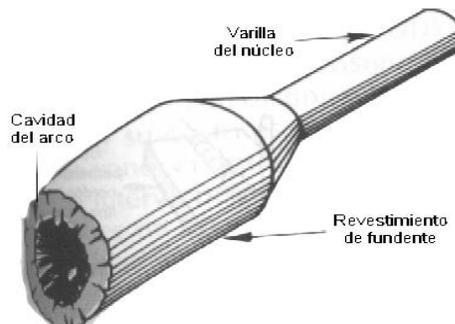
Ilustración 12. Soldeo con electrodo revestido



Vista a través de la fotografía de alta velocidad, la transferencia de metal en soldadura con electrodo revestido es espectacular. No se parece en nada a la transferencia que se produce en soldadura de arco metálico con protección de gas. En ésta, el electrodo se funde en una forma dispareja.

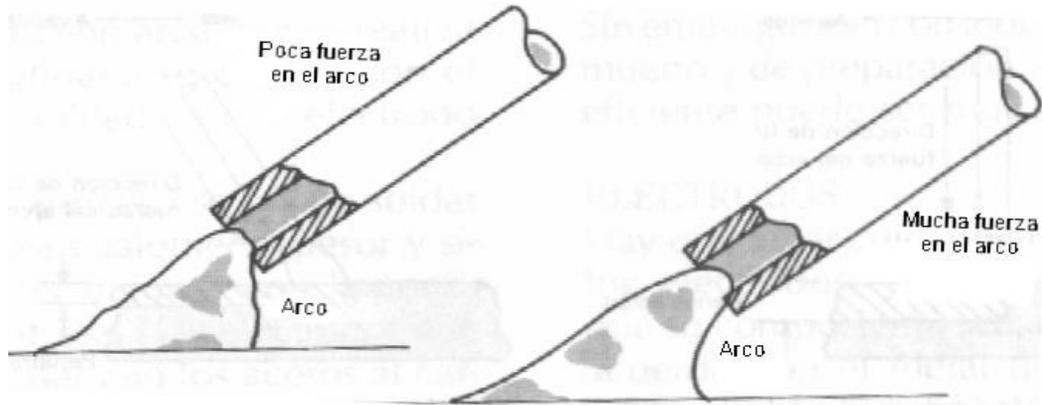
Los materiales del revestimiento tienen un efecto muy marcado en la tensión superficial del metal fundido. Unas veces las gotas son grandes y otras veces, chicas. Cuando el revestimiento del electrodo está bien elaborado y mezclado, las gotas son más uniformes. En ocasiones, al terminar de soldar, se puede observar este hueco en el extremo del sobrante del electrodo que está dirigido hacia el arco. (Véase en la ilustración 13.) Al momento de soldar, el arco se encuentra dentro de la cavidad.

Ilustración 13. Extremo típico de un sobrante de electrodo.



Al soldar, la presión que ejerce el gas aumenta en el interior de la cavidad del electrodo. Los gases provenientes del metal caliente y del revestimiento, ejerciendo un efecto de chorro sobre el núcleo de metal fundido. Los gases empujan el metal fundido del electrodo hacia fuera, en dirección de la pieza de trabajo. El hueco no es completamente uniforme por lo que es posible que los gases se formen más rápidamente de un lado que del otro. Por lo tanto, los efectos del chorro actúan sobre el metal en direcciones diferentes. En ocasiones, la acción es directa sobre el baño, pero otras veces el metal puede brincar hacia los lados (Véase la ilustración 14).

Ilustración 14. Corte transversal de la zona del arco.



Muestra el efecto que éste tiene en la transferencia de metal y el fundente. Los gastos son irregulares porque las fuerzas sufren fluctuaciones y hay variaciones en la tensión superficial.

4.2.16 Pinturas y barnices

Se denomina barniz el producto constituido solamente por ligantes (resinas o aceites) y disolventes, mientras que la pintura consta de ligantes, pigmentos y disolventes. El término esmaltes se puede aplicar a las pinturas de acabado (es decir, la última capa o estrato visible), que poseen una pigmentación fina y un color determinado, al objeto de conferir un aspecto decorativo, de señalización.

(Se tiende a que la pigmentación sea lo más fina posible, al objeto de dotar al acabado de un aspecto liso y brillante). Por tanto, las consideraciones siguientes, sobre ligantes y disolventes, se aplican a los barnices; pero conviene recordar que para que un barniz se convierta en pintura sólo es necesario añadirle un pigmento.

Según las normas ASTM (designación D 16-47) la pintura es una composición líquida pigmentada, que se convierte en película sólida y opaca después de su aplicación en capa fina. En realidad, debe hablarse con más exactitud de películas «relativamente» opacas, ya que normalmente éstas son algo translúcidas. Las pinturas son sustancias naturales o artificiales, generalmente orgánicas, adecuadas para formar sobre la superficie de un objeto una película continua y adherente, que le confiera poder protector, decorativo, aislante, filtrante a determinadas radiaciones. En la industria automovilística, el empleo de las pinturas ha tenido como objetivo principal dotar a las carrocerías y demás elementos de cierta protección, además del aspecto decorativo.

En relación con los componentes fundamentales de una pintura hay que indicar que el ligante es el elemento no volátil, constituido por una resina y aceites naturales o sintéticos, mientras que el pigmento es la materia pulverulenta insoluble (dispersa en el ligante) que confiere color, poder cubriente y de relleno, y los disolventes y diluyentes (orgánicos y volátiles) constituyen el vehículo que facilita la aplicación y formación de la película de pintura. El ligante y los pigmentos representan la parte seca y constituyen la película definitiva (que permanece después de la evaporación de los disolventes y diluyentes) y, por tanto, la parte activa y útil de las pinturas. El ligante protege los pigmentos de los ataques de los agentes externos, mientras que éstos detienen la penetración de la luz e impiden su acción perjudicial sobre el estrato superficial. Los disolventes y diluyentes tienen la función transitoria de hacer más fluida la pintura, para poder aplicarla convenientemente; no obstante, en algunos casos, como en las pinturas al aceite (donde éste realiza a la vez las funciones de diluyente y ligante) no son necesarios. Las pinturas en polvo, más modernas, constituyen un caso similar.

Aunque en el lenguaje práctico industrial se agrupan todos los productos mencionados bajo la denominación genérica de pinturas, éstas pueden distinguirse, según su función específica, en 3 categorías: antioxidantes, de fondo o imprimación, y de acabado o esmaltes. La función de las pinturas antioxidantes consiste en dotar al objeto pintado de un poder anticorrosivo adecuado, por la presencia de productos inhibidores (cromo de zinc, óxidos de hierro, entre otros.) o por formación de películas impermeables, como las que se consiguen utilizando resinas epoxicas. Las pinturas de fondo tienen por objetivo dotar la superficie del objeto pintado de una película lo más lisa posible, al objeto de lograr el máximo rendimiento del esmalte que se aplique posteriormente; muchas veces realizan también función anticorrosiva. El paso de la pintura al estado definitivo de película adherente y continua (filmación) puede realizarse mediante procesos físicos o químicos.

En el primer caso, la pintura aplicada sobre el objeto se endurece por simple evaporación de los disolventes y diluyentes, sin que el ligante sufra modificaciones de carácter químico. En el segundo, el endurecimiento es debido a reacciones químicas, favorecidas por el calor o por catalizadores. En este tipo de reacciones puede intervenir también el oxígeno contenido en el aire: es el caso de las pinturas grasas o al aceite, que contienen como ligante un aceite secante, el cual reacciona con el oxígeno y resulta endurecido. Cuando no intervienen agentes externos y las diversas partes del ligante reaccionan entre sí, se produce la polimerización del ligante, en general favorecida por un suministro de energía calorífica u otra.

Si interviene el calor, como en las pinturas sintéticas en general, la temperatura es de 90-200' C. Pero existen otras fuentes de energía, como son las radiaciones infrarrojas, ultravioletas, beta, entre otros.

De todo lo anterior, se deduce que el ligante es el componente más importante de las pinturas, por lo que seguidamente se analizarán éstas según las resinas o componentes que contienen.

4.2.17 Pinturas grasas y celulósicas

Los componentes de las pinturas grasas (al aceite) son aceites secantes (de linaza, coco, ricino, soja, etc.), casi todos de origen vegetal, que, cuando se extienden en capas delgadas expuestas al aire, forman películas secas, sin pérdida de sustancias volátiles. Esto se debe a reacciones de oxidación por efecto del oxígeno del aire y sucesivas polimerizaciones del aceite que, como consecuencia, se endurece. Para facilitar y acelerar el endurecimiento, los aceites se someten a tratamientos preliminares, con calentamiento en reactores, lo que les confiere cierta reactividad; se obtienen así aceites cocidos, soplados, estandoils, etc. El aceite puro solo (o la mezcla de aceites) nunca da una película suficientemente dura y resistente, por lo que suele mezclarse con resinas naturales que confieren dureza, brillo y adherencia. Un defecto de este tipo de pinturas lo constituye la poca resistencia al envejecimiento, debido al amarilleo producido por la luz, y la fragilidad que presentan las películas de dicha pintura con el transcurso del tiempo. Como, además, los ligantes de este tipo requieren tiempos de secado muy largos para completar la película continua, el empleo de pinturas grasas fue abandonado para las aplicaciones industriales.

Por lo que se refiere a las pinturas celulósicas, que hasta 1950 predominaban en las grandes industrias, hay que decir que el ligante estaba constituido en su mayor parte por nitrato de celulosa, el cual (puesto que daba una película rígida y frágil) se mezclaba con resinas que le conferían plasticidad. Al principio se emplearon resinas naturales, pero pronto fueron reemplazadas por plastificantes adecuados, obteniendo pinturas celulósicas más perfeccionadas. Las pinturas celulósicas aportaron notables ventajas de aplicación industrial. Respecto a las pinturas al aceite son de destacar la notable resistencia al agua, a la humedad, a los aceites lubricantes y a la gasolina, así como su dureza y resistencia a la abrasión, y una mayor posibilidad de pulido y abrillantado. Pero también presentan defectos; así: como la formación de la película seca es de naturaleza física, con evaporación de los disolventes mientras el ligante permanece inmutable, tratando éste nuevamente con su disolvente, se redisuelve para originar la pintura original; además, la película celulósica tiende a absorber agua, lo que causa una defectuosa adherencia al soporte, y puede descomponerse por efecto de los rayos ultravioletas (que forman parte de la luz solar). Otros inconvenientes dependen de su aplicación, pues los esmaltes de acabado celulósico no dan directamente películas brillantes (decorativas), sino que requieren un pulido final, lo cual incrementa los costes; asimismo, las pinturas celulósicas, por su naturaleza, requieren una considerable proporción de disolventes (volátiles) para adecuarlos a su aplicación; por tanto, para obtener una película seca de espesor deseado serán

necesarias varias capas de pintura (cetonas, etc.), costosas y cuya recuperación no podría compensar los gastos de la instalación necesaria.

4.2.18 Las pinturas sintéticas y su evolución

En términos comerciales, se denominan pinturas sintéticas aquellas cuyo ligante está constituido por resinas no naturales, como vinílicas, ureicas, epoxídicas, acrílicas y melamínicas, por citar las más conocidas, que confieren sus propiedades características al producto, Así, mientras que las resinas vinílicas, fenólicas y epoxídicas se emplean generalmente como pinturas protectoras, las acrílicas se aplican para esmaltes de acabado. Las resinas ureicas y melamínicas se utilizan indistintamente para la fabricación de pinturas de fondo y de acabado, la superioridad cualitativa y la capacidad de aplicación de las pinturas sintéticas respecto a las pinturas al aceite y a las celulósicas determinaron su adopción en los procesos de pintura industrial, sobre todo en el sector automovilístico. Las ventajas principales son: resistencia notable y prolongada a las alteraciones producidas por los agentes atmosféricos; resistencia mecánica e insolubilidad de la película seca (esto último con excepciones, como las resinas acrílicas termoplásticas); obtención de pinturas de acabado (esmaltes a base de ligante acrílico, melamínico, ureico o acrilomelamínico) que dan espontáneamente películas brillantes que no requieren un ulterior pulido; necesidad de una proporción de diluyentes y disolventes mucho más baja que las pinturas nitrocelulósicas, por lo que dan un estrato seco de espesor suficiente para garantizar una buena protección y acabado con menor número de aplicaciones.

En contraposición, las pinturas de este tipo requieren generalmente un secado en horno para la formación de la película definitiva, por cuanto el endurecimiento se realiza por polimerización o policondensación, precedida en ocasiones de una oxidación al aire (alquídica modificada).

En los párrafos siguientes se describen algunos de los tipos más importantes de resinas sintéticas empleadas en el cielo de pinturas para carrocerías de automóviles.

Las resinas alquídicas modificadas son las más utilizadas en la fabricación de pinturas de acabados. Prácticamente, su difusión data de principios de los años cincuenta. Constituyen el ligante de la mayor parte de las pinturas de fondo y de los esmaltes de horno mezclados, por sistemas físicos o químicos, con pequeños porcentajes de resinas melamínicas o ureicas con objeto de mejorar algunas características. Se puede definir como resina alquídica modificada, el producto de la reacción de poli condensación de un polialcohol con un poliácido y un ácido graso (agente modificador). El tipo más empleado es a base de una resina gliceroftálica, obtenida a partir de la condensación de la glicerina con el ácido ftálico y un ácido graso generalmente insaturado derivado de un aceite natural

secante (ricino, linaza, etc.). El ácido facilita la solubilidad de la resina obtenida, con objeto de lograr pinturas más fluidas para su aplicación. Las resinas gliceroftálicas puras dan en fase de preparación macromoléculas tridimensionales bastante ramificadas y, por tanto, poco accesibles a los disolventes; en una resina en la que se ha realizado una esterificación de la función alcoholica de la glicerina de un ácido graso, se interrumpe la cadena macromolecular dando moléculas más pequeñas, dispensables en el disolvente.

El endurecimiento de las pinturas alquílicas modificadas, una vez aplicadas, se produce por un proceso químico, mediante la formación de macromoléculas de estructura modificada, producto de la condensación de las funciones alcoholicas y ácidas que han permanecido libres al término de la preparación de la resina, y que permite la unión de cada molécula de los dobles enlaces del ácido graso en el caso de que sean insaturados (como en los aceites secantes). Mientras que las uniones del oxígeno del aire con las moléculas empiezan a formarse durante el procesado posterior a la pintura aplicada a la temperatura ambiente, la poli condensación entre las funciones ácidas libres del ácido ftálico y la función alcoholica de la glicerina tiene lugar generalmente a temperaturas más altas, por lo normal en un horno. Naturalmente si el ácido graso empleado fuese saturado, el endurecimiento se produciría sólo por condensación. Las otras resinas que suelen acompañar en pequeña proporción al ligante gliceroftálico de una pintura de secado al horno (melamínica, ureica, entre otros.) se endurecen también por reacciones de polimerización y poli condensación autónomas, o bien con los grupos reactivos residuales de las resinas alquílicas, confiriendo a la película seca diversas características, como brillo, dureza, elasticidad, resistencia.

En la industria automovilística, las pinturas con ligante de naturaleza alquílica suelen secarse a unos 130 °C. El empleo de las resinas como ligantes de pinturas es relativamente moderno; se inició cuando los procesos de síntesis permitieron obtenerlas a un costo competitivo, partiendo de primeras materias económicas, como etileno, propileno, acetileno y ácido cianhídrico. Químicamente, las resinas acrílicas puras son polímeros de los esteres resultantes de la reacción de los ácidos acrílico y metacrilato con alcoholes (metano, butanol y otros más complejos). El ligante de las pinturas termoplásticas está constituido por una resina acrílica pura, la cual se polimeriza dando macromoléculas lineales solubles en sus disolventes habituales. Por tanto, la formación de la película de estos tipos de pintura es física y muy parecida a la de las pinturas celulósicas. El secado en horno, que generalmente se necesita, tiene solamente la finalidad de evaporar completamente el disolvente retenido en la película, y aumentar su adherencia y cohesión mediante el reblandecimiento termoplástico. El ligante de las pinturas termo endurecibles contiene, como copolímeros de la resina acrílica, resinas melamínicas o alquílicas. Su endurecimiento por poli condensación, si bien puede ser provocado por catalizadores a temperaturas próximas a la del ambiente, generalmente se realiza en horno a 120-140 °C durante 30-40 min.

Las características de los esmaltes acrílicos de acabado son muy notables, presentan excelente dureza y elasticidad, resistencia a los agentes externos, y al amarilleo producido por los rayos ultravioleta, superior al de las alquílicas. En particular, los metalizados, que requieren una garantía frente a los agentes atmosféricos, se fabrican con ligantes acrílicos. Si bien en principio las pinturas de naturaleza acrílica presentaban el inconveniente de dar un residuo seco diluido bajo (lo cual obligaba a dar en su aplicación varias pasadas para obtener el espesor deseado) y era necesario un pulido final para obtener brillo, modernamente ya se consiguen pinturas fabricadas con resinas acrílicas termo endurecerlas de brillo directo y con residuos semejantes a los de las pinturas alquílicas.

En relación con las pinturas *protectoras hidrosolubles* hay que mencionar que el conocimiento de las resinas fenólicas, que en su primera fase de fabricación resultan ser solubles en agua, condujo a Herbert Hönel a pensar en la adopción de estos principios de solubilidad para las resinas alquílicas secadas al horno. La idea de utilizar agua en lugar de disolventes orgánicos (tóxicos, inflamables y caros) parecía irrealizable. Los ligantes hidrosolubles se obtuvieron de la combinación de una resina alquílica plastificante (con numerosos grupos carboxílicos) con un resol famélico y condensando el producto mediante la acción del calor.

Inicialmente, estas pinturas se desarrollaron para la protección anticorrosiva y acabados mono capa, siendo la industria automovilística la que más contribuyó a su perfeccionamiento y difusión. Al principio, la formación de la película definitiva requería temperaturas superiores a 150°C.

En los años setenta, la preocupación por combatir la contaminación, mejorar la seguridad en el manejo de las pinturas y ahorrar energía ha impulsado a la investigación en el desarrollo de nuevas resinas, extendiendo los campos de aplicación a los esmaltes de acabados y productos de secado a más baja temperatura. De hecho, funcionan ya líneas de pintado de automóviles con el sistema completo de pinturas hidrosolubles.

4.2.19 Disolventes, diluyentes y pigmentos

Se puede definir como disolvente toda substancia mediante la cual un sólido puede ser llevado al estado líquido. En el caso específico de las pinturas, el disolvente es un líquido de viscosidad baja y que posee una tensión de vapor relativamente alta que sirve para llevar el ligante al estado líquido. En cambio, el diluyente es un líquido que, si bien no posee una capacidad de disolución notable, confiere a la pintura líquida el grado de disolución necesario para su puesta a punto de aplicación. Si a una solución nitro celulósica se añade gradualmente un diluyente, se llega a una dilución en la cual la nitrocelulosa empieza a separarse como precipitado o como gel. La solución tolera la adición de cierta proporción de

diluyente en determinadas condiciones (temperatura, concentración de soluto, entre otros.), y esta tolerancia o porcentaje se considera como una medida del poder disolvente de un líquido. Ciertos líquidos actúan como disolventes para algunas resinas y como diluyentes para otras. El diluyente y el disolvente constituyen la parte volátil de las mezclas de productos que comúnmente se denominan pinturas.

Las características más importantes de un disolvente son: poder disolvente, volatilidad, estabilidad, toxicidad, inflamabilidad y color. En realidad, nunca se usa un disolvente, sino una mezcla de disolventes y diluyentes. Para el aplicador, la característica más importante de esta mezcla es la curva de destilación. Para las pinturas sintéticas que deban formar película en el horno, los productos volátiles no han de hervir durante el proceso de recirculación de la pintura, ya que en caso contrario provocarían cráteres en aquélla.

Las pinturas en general, cuando llegan de la fábrica, contienen sólo la parte de disolvente necesaria para mantener el ligante. En el taller de aplicación se añaden los disolventes y diluyentes que confieren a la pintura la viscosidad necesaria para su utilización, así como la velocidad de evaporación de los disolventes adecuada a la instalación de que se disponga.

En general, esta velocidad debe ser lo más alta posible, pero no hasta el punto de que el enfriamiento produzca condensación húmeda sobre la película en formación. Además, la mezcla de diluyente y disolvente ha de mantener un equilibrio tal, que en ningún momento de la evaporación el diluyente permanezca sin disolvente sobre la película en formación, ya que esto provocaría la coagulación del ligante.

Se define como pigmento un polvo finamente dividido, de coloración característica, insoluble en agua y que, suspendido en un portador adecuado, se usa como pintura. Las principales funciones de un pigmento respecto de su pintura son: 1) dar color, 2) conferir poder curtiende y llenante, y 3) incrementar la eficacia de protección. En las pinturas anticorrosivas prevalece esta última función, en las de fondo la citada en segundo lugar, y en los esmaltes de acabado las funciones de los apartados primero y segundo.

Entre las propiedades de los pigmentos cabe destacar: el tamaño del grano, del que depende el poder curtiende de la pintura; la facilidad de humectación por el ligante, y la estabilidad a la luz y a los agentes atmosféricos.

Químicamente, los pigmentos se pueden clasificar en minerales (óxidos, carbonatos, sulfuros, silicatos, entre otros.), metálicos (zinc, aluminio, entre otros.) y orgánicos (azoicos, quinacridonas, dioxiazinas, ftalocianinas, indantrenos, entre otros.).

4.2.20 Proceso de pintado

A principios de siglo, el pintado de los automóviles se realizaba a mano con el tradicional pincel, según los métodos empleados por los fabricantes de coches de caballos. Cada capa de pintura al aceite se había de secar al aire, tras lo cual se pulía con aceites y abrasivos. Posteriormente se aplicaba la mano de acabado, que, evidentemente, se secaba al aire. Esta sucesión de operaciones requería por lo menos una semana. Cuando Henry Ford introdujo la cadena de montaje, tuvo que hacer frente a los graves problemas del departamento de pintado, que no conseguía seguir el nuevo ritmo de producción, como consecuencia de la realización manual de dicha operación y de su lento secado. Para reducir el tiempo necesario para el pintado, se recurrió a diversas soluciones, aplicando capas de pintura más delgadas con el fin de obtener un secado más rápido y acelerando los trabajos de acabado, pero se obtuvieron unos resultados desastrosos: al cabo de pocos días la pintura se pelaba y cambiaba de color.

Hasta 1923, con la introducción de las pinturas celulósicas, dicho problema no halló una solución válida. Para aprovechar al máximo las características de esas pinturas (secado casi instantáneo y posibilidad de regular su viscosidad) se ideó el sistema de pintado por pulverización mediante pistolas de aire comprimido. La pintura, en lugar de ser aplicada a mano con el tradicional pincel, se pulverizaba finamente mediante un aerógrafo. Estas innovaciones eliminaron los graves inconvenientes de acumulación al final de la cadena de montaje, señalando así una etapa fundamental en la historia de la fabricación de automóviles en serie. A pesar de los progresos obtenidos, el pintado posee todavía un papel importante, que condiciona la calidad de la producción. Para asegurar una buena protección de la carrocería a lo largo del tiempo, es indispensable someter las superficies metálicas a tratamientos protectores, que van desde la preparación de las superficies (desengrasado y pulimentarían) hasta la aplicación de las capas de fondo y el pintado propiamente dicho. La primera operación puede obtenerse con una conversión química mediante fosfatación, a la que sigue una deposición electroquímica galvanoplástica o por electroforesis. A continuación se realizan los procesos de pintado propiamente dichos.

En cuanto a la fosfatación hay que indicar que, tras una cuidadosa operación de pulimentarían y desengrasado de las superficies, se aplica una solución a base de fosfatos ácidos de hierro y zinc y sus mezclas respectivas, la cual lleva a cabo una conversión de la masa férrea, dando, a la superficie tratada una buena protección contra la corrosión y una base de fijación para el posterior pintado; Los revestimientos de fosfatos poseen un grosor de 5-10 μ . El revestimiento galvanoplástico se obtiene, aprovechando el paso de una corriente eléctrica, en un baño en el que el electrólito es una disolución de la sal del metal que se quiere depositar y el cátodo está representado por el metal que se ha de recubrir. En la industria automovilística encuentra aplicación sobre todo el níquelado electrolítico para el revestimiento (hasta 10 μ) de parachoques, manillas y tapacubos, que

posteriormente son sometidos a un cromado electrolítico (con espesores de cromo de $0,3-1\mu$), el cual, además de hacer que dichos accesorios aparezcan más brillantes, aumenta considerablemente su resistencia a la corrosión.

Hacia la mitad de los años sesenta, la protección antioxidante experimentó una gran mejora con la introducción del pintado por electroforesis, que incremento el empleo de las pinturas con base acuosa. Durante el proceso de electroforesis, las partículas de pintura, que se hallan en suspensión en su disolvente (agua), se mueven bajo la acción de un campo eléctrico generado por una corriente continua.

El revestimiento comienza por el exterior en las partes salientes, donde la carga eléctrica es mayor, y se extiende progresivamente a las demás superficies, obteniéndose así una película homogénea, compacta e insoluble en agua. La electroforesis se detiene en un determinado punto cuando dicha película alcanza el grosor prefijado (función de la densidad de corriente), pero continúa su acción allí donde el espesor todavía es inferior hasta que éste alcanza un grado uniforme.

Una vez finalizado el depósito por electroforesis, la carrocería se somete a un lavado con agua desmineralizada, para eliminar los excesos de pintura no depositada, y luego se pasa al horno de secado. Las ventajas de este proceso son: pintado total de la superficie a tratar, incluidas las cavidades interiores; espesor uniforme de la película, incluso en los salientes agudos; ausencia de goterones; utilización total de la pintura, y ausencia absoluta de disolventes, ya que se emplean pinturas en emulsión acuosa. Su única desventaja es la limitación del proceso a una sola capa, ya que una película de más de 40μ aísla la pieza y, por tanto, no permite la electrodeposición. Por ello, la electroforesis no constituye un acabado, sino una capa de fondo.

Para el acabado, en la técnica automovilística se utilizan varios métodos, aplicables tanto a las chapas como para las piezas por separado. La pulverización puede realizarse con aire, mediante un aerógrafo que aspira la pintura hasta un difusor, donde se nebuliza y se deposita uniformemente sobre la pieza. La presión se regula en relación con la viscosidad de la pintura. Este sistema, de rendimiento escaso (sólo un 60 % de la pintura se emplea de manera útil), se aplica para capas de subes malté, esmalte y retoques. En la pulverización sin aire, la nebulización se produce por efecto de la gran presión (120 bares) que una bomba mecánica ejerce directamente sobre la pintura. Ello permite el empleo de pinturas viscosas (con poco disolvente), evita las nieblas perjudiciales generadas por el aire en contacto con la pintura y facilita la distribución uniforme de la misma, mejorando su rendimiento. Un procedimiento análogo es el empleado para la aplicación final sobre la carrocería de una capa protectora de cera, antes de que el automóvil sea almacenado en los aparcamientos de la fábrica.

Para el pintado en serie de elementos que poseen un gran volumen con relación a la superficie a recubrir, como los bastidores de los asientos, se emplea el método

denominado *flow-coating*, en el que las piezas, arrastradas en cadena, pasan bajo una lluvia de pintura procedente de una serie de toberas que las rocían completamente; la pintura sobrante cae en un recipiente situado debajo y, tras ser filtrada, se vuelve a enviar al circuito por medio de una bomba.

Fuente, <http://campus.fortunecity.com/duquesne/623/home/pinturasybarnices/pinturasybarnices.htm>

5. DISEÑO METODOLOGICO

5.1 DESARROLLO DE OBJETIVOS

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	PRODUCTO
Definir tipo de elevador	Definir el espacio de localización	Comparar cotizaciones y escoger la mejor opción económica y técnica.
	Investigar acerca de los diferentes mecanismos de elevación	
	Cotizar los sistemas de elevación	
Realizar planos	Medir el área y altura de la fosa	Planos esquemáticos
	Diseñar sistema eléctrico y electrónico	
	Diseñar sistema mecánico	
	Dibujar esquemas	
Seleccionar los materiales para la construcción.	Calcular longitudes y cantidades	Listado y cantidad de materiales para realizar la compra
	Definir tipos de materiales	
	Cotizar materiales	

5.2 TIPO DE PROYECTO

Teórico practico: El desarrollo y análisis realizado en el presente trabajo, a pesar de que solo abarca algunos conceptos importantes sobre el inmenso ámbito del elevadores, engloba nociones básicas para el conocimiento y comprensión de la teoría de su control y su aplicación.

5.3 SISTEMA DE CONTROL

Consiste en ejercer control sobre un motor monofásico (polipasto PA600).

El gobierno lo realiza un microcontrolador (pic16f886) el cual cuenta con 28 pines de los cuales 22 pines son programables como entradas o salidas dejando 6 pines para el cristal u oscilador, MCLR o reset y alimentación de 5voltios corriente directa, este microcontrolador se implementa principalmente porque tiene un conjunto de funciones muy útiles además de que su tamaño reducido hacen de este el apropiado para la aplicación. Teniendo en cuenta que este micro controlador funciona con 5 voltios y como todo el sistema electrónico funciona con 12 voltios para que las pérdidas de voltaje no se expresen como ruidos ante las entradas el micro controlador, se implementa un regulador de voltaje (L7805) el

cual toma entre un rango de 8 a 35 voltios y los regula a 5 voltios en este caso para el funcionamiento del micro controlador, también se requiere acoplar las entradas y salidas del micro controlador ya que los pulsadores y finales de carrera retornan 12 voltios al micro controlador.

En las entradas se utiliza un opto acoplador (4n25) que recibe 12 voltios y envía 5 voltios al micro controlador, en las salidas se acoplan con un (ULN2003) que al recibir los pulsos de 5 voltios de las salidas del micro controlador las acopla a 12 voltios para el funcionamiento de los relés de estado sólido que protegen el sistema de control. Estos relés gobiernan unos contactores Telemecanique que son la relación directa con el motor.

Se implementa un sistema de radio frecuencia el cual cumple la función en paralelo con los pulsadores de cumplir las acciones de subir-bajar-parada de emergencia inalámbricamente.

5.3.1 Posicionamiento de pulsadores y finales de carrera.

El montaje cuenta con:

5.3.1.1 Pulsadores cabina.

Subir marcado con #7, parada de emergencia marcado con #5, bajar marcado con #11.

5.3.1.2 Pulsadores segundo piso.

Subir marcado con #8, parada de emergencia marcado con #3.

5.3.1.3 Pulsadores primer piso.

Bajar marcado con #13, parada de emergencia marcado con #1.

5.3.1.4 Finales segundo piso.

Invalida la acción de subir marcado con # 15, bloque todo el funcionamiento por falla del final #15, marcado con #4.

5.3.1.5 Finales primer piso.

Invalida la acción de bajar marcado con # 14, bloque todo el funcionamiento por falla del final #14, marcado con #2.

5.3.1.6 Pulsadores control inalámbrico.

Subir marcado con #9, parada de emergencia marcado con #6, bajar marcado con #10, enciende luces de cabina marcado con #16.

De la marcación 1-6 la acción que cumple es parar el funcionamiento

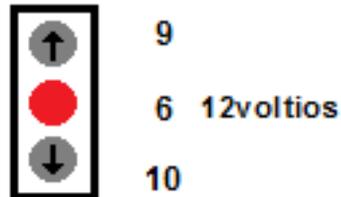
De la marcación 7-9 la acción que cumple es subir la cabina

De la marcación 10-13 la acción que cumple es bajar la cabina

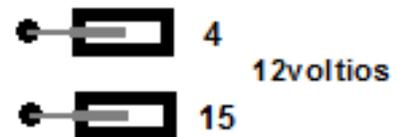
La marcación 14 invalida la acción de bajar
 La marcación 15 invalida la acción de subir

Ilustración 15. Posicionamiento de pulsadores y finales de carrera

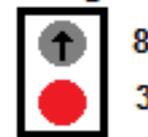
Pulsadores control inalámbrico



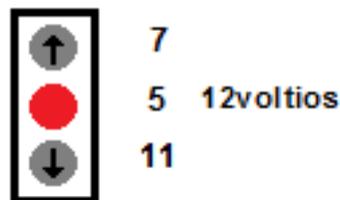
Finales segundo piso



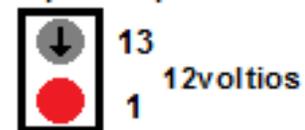
Pulsadores segundo piso



Pulsadores cabina



Pulsadores primer piso



Finales primer piso



5.3.2 Programación del microcontrolador. El lenguaje de programación utilizado es ladder, también denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. Programador utilizado LDmicro es un editor, simulador y compilador de lenguaje Ladder para microcontroladores de 8-bits. Puede generar código nativo para procesadores de la serie AVR de Atmel y PIC16 de Microchip a partir de un diagrama ladder.

5.3.2.1 Programa:



5.3.2.2 Configuración de bits:

Nombre	Tipo	Estado	Pata del Micro	Puerto del M...
Xbajar	entrada digi...		4	RA2
Xf1	entrada digi...		5	RA3
Xf2	entrada digi...		6	RA4
Xluces	entrada digi...		7	RA5
Xstop	entrada digi...		2	RA0
Xsubir	entrada digi...		3	RA1
Ys1	salida digital		22	RB1
Ys2	salida digital		23	RB2
Ys3	salida digital		24	RB3
Rs0	rele interno			
Rs1	rele interno			
Rs2	rele interno			
Tbajar	activar retar...			
Tnew	activar retar...			
Tstop	activar retar...			
Tsubir	activar retar...			

5.3.2.3 Pasó a pasó del programa:

Línea 1



Xstop señal de parada, entrada del micro.

Tstop filtro digital 50 ms.

Rs0 relé interno directamente proporcional a señal de parada.

Línea 2



Rs0 contacto relé interno inversamente proporcional a señal de parada.

Xbajar señal de bajar, entrada del micro.

Rs2 enclavamiento relé interno directamente proporcional a señal bajar.

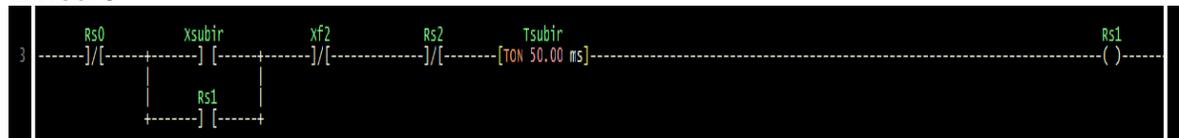
Xf1 señal de parada de la instrucción bajar.

Rs1 contacto relé interno inversamente proporcional a la señal subir.

Tbajar filtro digital 50ms.

Rs2 relé interno directamente proporcional a señal bajar.

Línea 3



Rs0 contacto relé interno inversamente proporcional a señal de parada.

Xsubir señal de subir, entrada del micro.

Rs1 enclavamiento relé interno directamente proporcional a señal subir.

- Xf2** señal de parada de la instrucción subir.
- Rs2** contacto relé interno inversamente proporcional a la señal bajar.
- Tsubir** filtro digital 50ms.
- Rs1** relé interno directamente proporcional a señal bajar.

Línea 4



- Rs1** contacto relé interno directamente proporcional a señal subir.
- Rs2** contacto relé interno directamente proporcional a señal bajar.
- Xluces** señal de encender luces, entrada del micro.
- Tluces** filtro digital 50ms.
- Tnew** filtro digital 50ms.
- Ys3** salida del micro enciende luces.

Línea 5



- Rs1** contacto relé interno directamente proporcional a señal subir.
- Ys1** salida del micro señal subir.

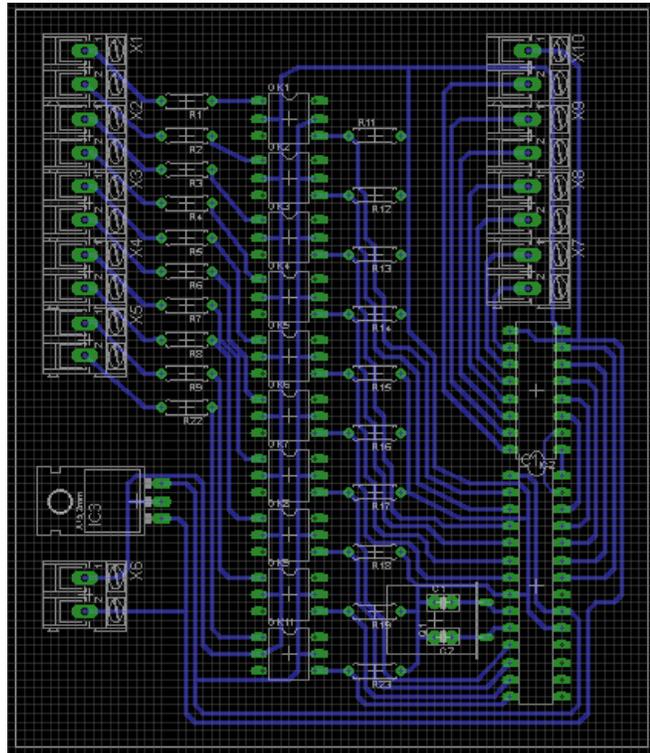
Línea 6



- Rs2** contacto relé interno directamente proporcional a señal subir.
- Ys2** salida del micro señal bajar. **END.**

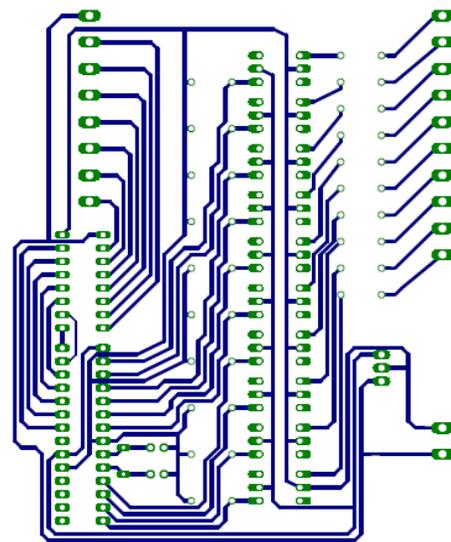
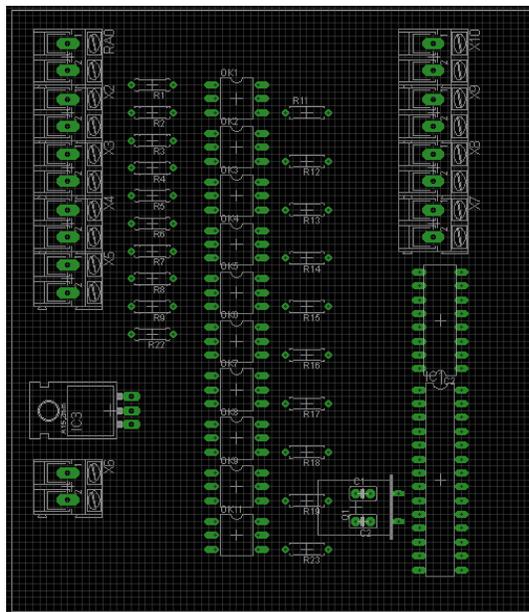
5.4.2 Board se realiza la ubicación espacial de los componentes y enrutamiento de las pistas después de haber conectado sus pines en modo esquemático.

Ilustración 16. Diseño de tarjeta



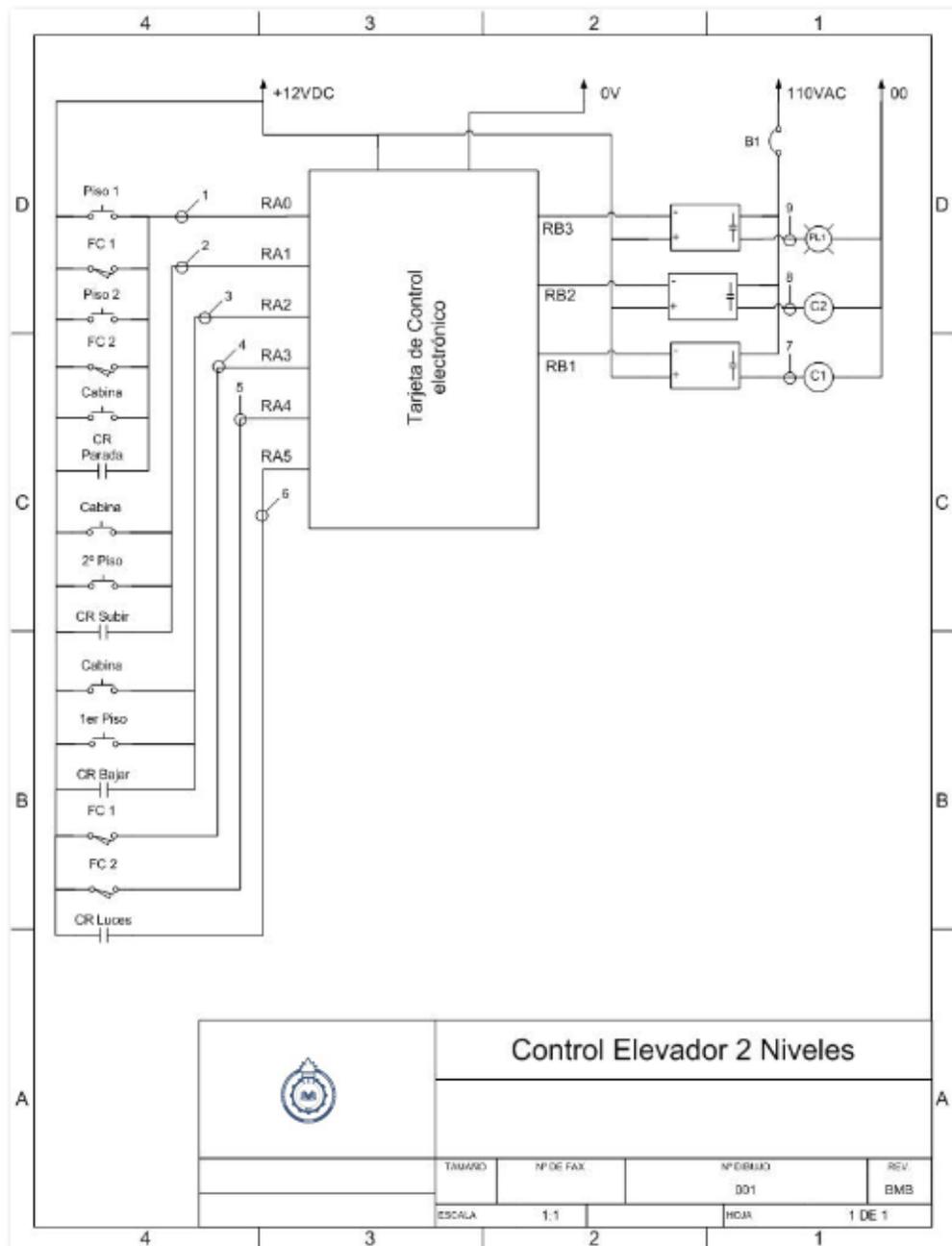
Vista superior

Vista inferior



5.5 PLANO DE CONTROL ELEVADOR 2 NIVELES:

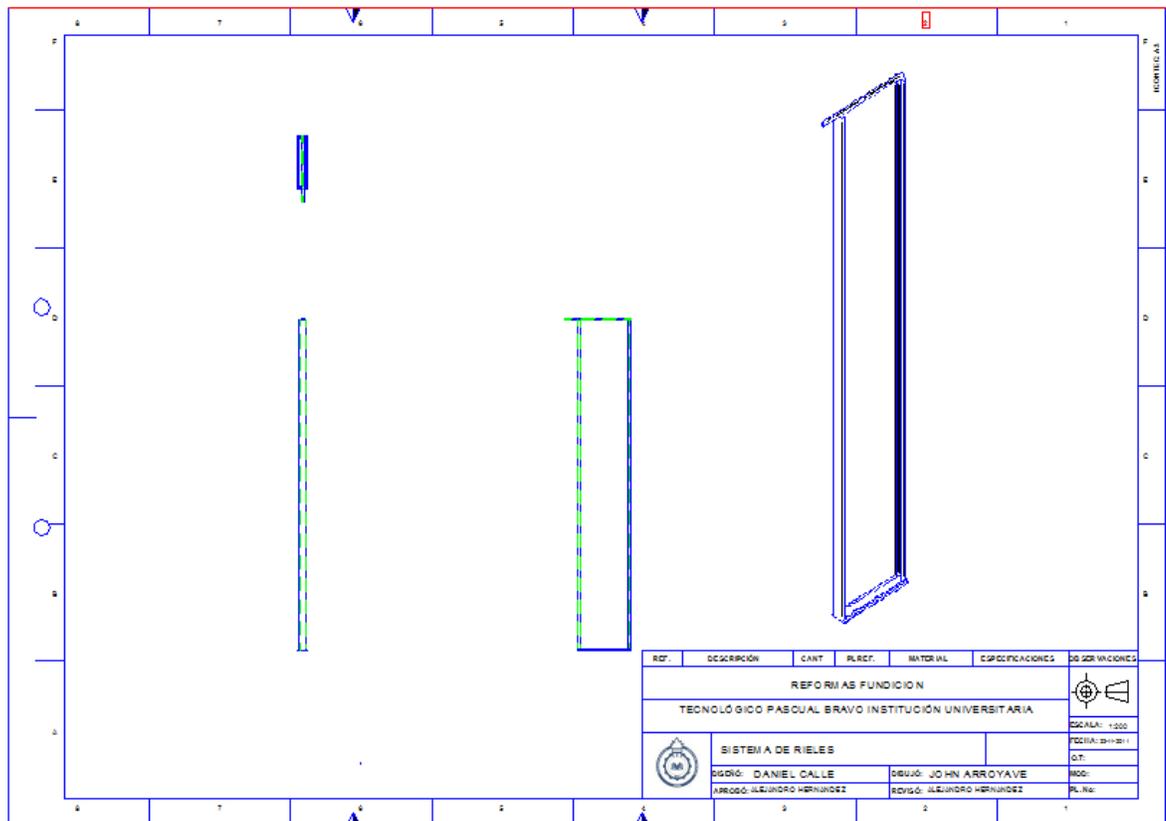
El plano muestra la distribución de los pulsadores con marcación de cables. 1 muestra los pulsadores implicados con la parada de la cabina, todos conectados en paralelo y el común resultante dentro a RA0. 2 muestra los pulsadores implicados con la subida de la cabina, todos conectados en paralelo y el común resultante dentro a RA1. 3 muestra los pulsadores implicados con la bajada de la cabina, todos conectados en paralelo y el común resultante dentro a RA2.



5.6 SISTEMA MECANICO

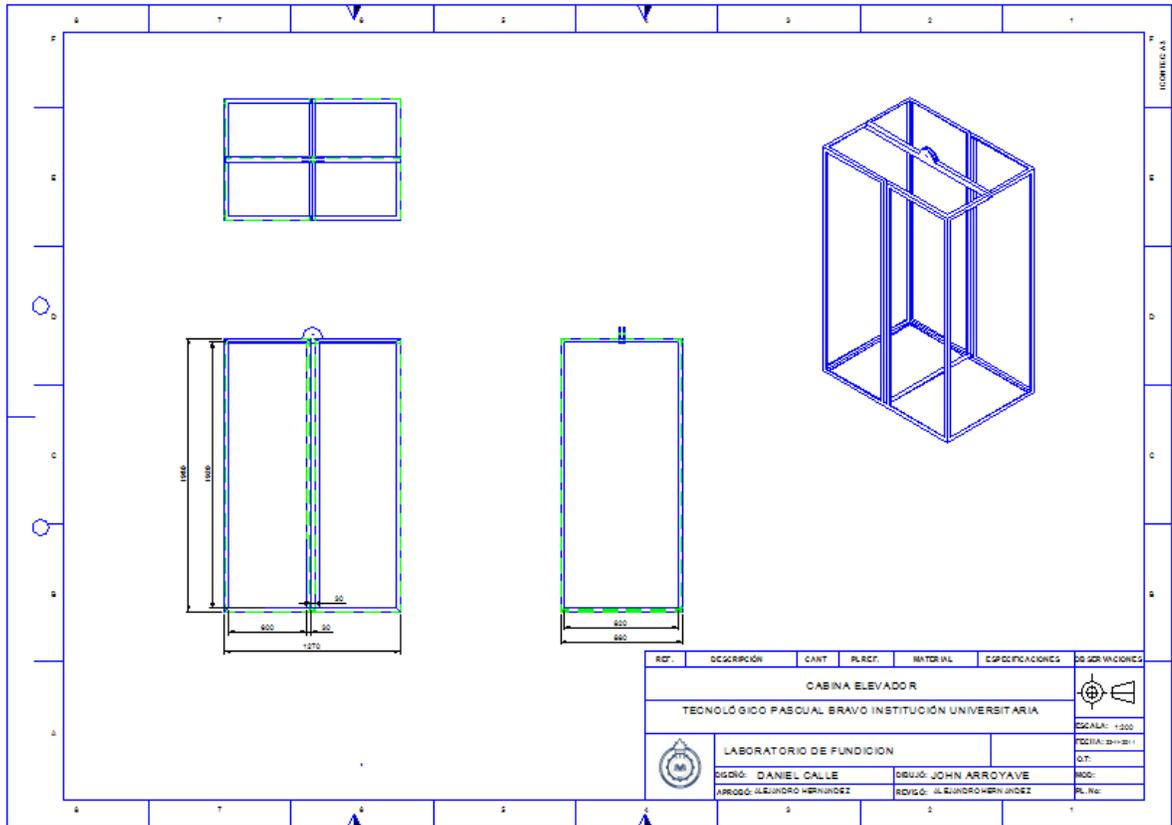
Se construyó una estructura la cual consta de dos rieles en C de seis metros de altura los cuales hacen la veces de guías laterales de la cabina, soportando la fuerza vertical generada por el motor, la cabina y la carga; dos separadores en ángulo de 1" y un espesor de 3/16" en la parte inferior de los perfiles en el primer piso, dos soportes soldados entre la loza y las guías aproximadamente en la mitad de estas, un travesaño en un tubo cuadrado 1 1/2" que sirve de separador de las guías en la parte superior, soporte del motor y apoyo de separador del muro.

Ilustración 17. Plano sistema de rieles



La estructura de la cabina se construyó en ángulo de 1" tanto los parales como los travesaños, con excepción del travesaño intermedio donde va esta soportada la polea en dos medias lunas soldadas a este, perforadas y atravesadas por un eje, todos los empalmes en esta estructura se realizaron con soldadura mig.

Ilustración 18. Planos de cabina



6. RESULTADOS

6.1 PROCEDIMIENTO DE OBRA CIVIL.

En el momento de evaluar la ubicación del elevador, para realizar la perforación en la loza del segundo nivel, se tuvo en cuenta varios factores como accesibilidad del usuario y la estructura física; contemplando no afectar la construcción interviniendo el corte de una viga o nervio sumado a esto la dificultad en la demolición por su naturaleza. El tema de accesibilidad es de resaltar que el primer nivel es garaje de la vivienda, el vehículo que se moviliza el usuario debe ser parqueado en reversa al costado contrario del elevador generando así la circulación para la silla de ruedas y permitir abordar el elevador. El área que ocuparía el elevador debió ser óptima en relación a la comodidad y disponibilidad del espacio. Se consideró dejar algunas varillas de la parrilla de la estructura de la vivienda en el momento de realizar la perforación de la loza, punto medio aproximado del recorrido del elevador para la sujeción con soldadura de los dos rieles verticales que son la estructura o columna vertical por llamarlo así del elevador, de esta manera se evita algo crítico que es la flexión en el punto medio. En los extremos se soldaron platinas equidistantes entre ambos rieles; para que estos quedaran plomados y firmes evitando el roce y por ende el ruido con el carro en el momento del recorrido; en el extremo superior se aseguró la estructura vertical en dos paredes para evitar movimientos transversales, considerando que el motor que soporta y desplaza el carro genera movimiento a la hora de vencer la inercia. En el extremo inferior las platinas quedaron tapadas con hormigón en el nivel 1 que tiene un marco más profundo al piso para que el elevador descienda algunos centímetros y este alineado con el nivel del piso.

Ilustración 19. Montaje de la estructura



Ilustración 20. Montaje de la estructura



6.2 DISEÑO Y MONTAJE ELECTRÓNICO.

Como se puede observar se obtiene un microcontrolador pic 16f886 acoplado con entradas y salidas, todo debidamente montado sobre una tarjeta diseñada. En las entradas recibe las señales de los pulsadores y finales de carrera, en las salidas comanda tres relés de estado sólido. Un relé directo para la iluminación de la cabina, Dos relés para la inversión de giro pero no están directamente acoplados al motor estos comandan un contactor cada uno.

Ilustración 21. Diseño y montaje electrónico



6.3 DISEÑO Y MONTAJE FINAL AUTOMATIZADO CON PUERTAS.

En esta etapa se observa el acabado final de la estructura que cuenta con dos puertas una en cada piso. Una puerta en el primero para evitar que cuando la cabina este en el segundo piso algo o alguien se ubique debajo de ella, una puerta en el segundo para evitar que cuando la cabina este en el primer piso algo o alguien caiga por el foso. Contado con las limitaciones físicas del usuario y buscado la mayor facilidad de acceso para el las puertas se mueve con el movimiento de la cabina es decir la puerta del primer piso se mueve inversamente proporcional a la cabina y la puerta de segundo piso se mueve directamente proporcional al movimiento de la cabina. Si la cabina sube la puerta del primer piso baja y la del segundo sube. Si la cabina baja la puerta del primer piso sube y la del segundo baja.

El cerramiento del foso se optó por una solución limpia, liviana ágil para su instalación como es el Drywall comparado con la mampostería tradicional. La vivienda es una casa antigua ubicada en el barrio Prado centro de Medellín, la altura de cada nivel es alrededor de 3.40 m. En la parte frontal del elevador se incrusto al lado derecho del muro de Drywall en ambos niveles las botoneras de llamado del ascensor y un paro. Al interior de la cabina tiene una botonera de tres posiciones subir, baja y paro de emergencia. En el segundo nivel se instaló cielo falso dejando un registro que me permite tener acceso al plenum y realizar mantenimiento al motor.

Ilustración 22. Diseño y montaje final automatizado con puertas de seguridad



7. RECURSOS

7.1 RECURSOS HUMANOS

Jorge Andrés Arroyave Pérez. Ingeniero Eléctrico, Universidad de Antioquia.

Bernardo Morales Betancourt. Ingeniero Eléctrico, Universidad de Antioquia.

John Fredy Correa Marín. Bachiller técnico industrial, Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria.

Mauricio Velásquez Montoya. Ingeniero y Máster en Control y Automatización, Universidad Nacional de Colombia.

Carlos Alberto Valencia Hernández. Coordinador Grupo de Investigación GARPE, Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria.

7.2 RECURSOS TÉCNICOS.

SUMINISTROS	(COSTOS \$)
Cerrajería	2.000.000
Carpintería	550.000
Obra civil	500.000
Electrónica	600.000
Transporte	400.000
Motor	700.000
Asesorías	2.000.000
Imprevistos mas 10%	675.000
TOTAL	7.425.000

8. CONCLUSIONES

Para que un sistema de control electrónico funcione correctamente se deben aislar los circuitos de control y de potencia con opto acopladores.

La Investigación Formativa implementada desde el aula de clase genera a mediano plazo una visión de desarrollo tecnológico, enfocada al mejoramiento de los diversos sectores de la sociedad.

Contar con el apoyo de herramientas de simulación como software CAD y CAM para el correcto desarrollo y evitar fallas de cualquier índole en la ejecución del diseño tanto eléctrico como mecánico.

Acerca del lugar donde trabajara el microcontrolador se garantizó que no contara con exposición directa a los rayos solares o focos caloríficos intensos, así como a temperaturas que sobrepasen los 50 a 60 ° C aproximadamente. Tampoco es posible situarlos en ambientes en donde la humedad relativa se encuentre aproximadamente por debajo del 20% o por encima del 90%.
Ausencia de polvo y ambientes salinos.

Las pruebas desarrolladas en los laboratorios sirvieron para garantizar la confiabilidad y seguridad en el momento de realizar las conexiones del motor.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda la revisión visual periódica de todos los mecanismos e instalación eléctrica, Aprovechar la revisión para comprobar si los conectores tienen los tornillos bien ajustados porque al usarse con frecuencia el movimiento puede aflojar los tornillos de fijación. Como la alimentación principal del proyecto es de la línea residencial, debe tenerse cuidado con los primarios de los transformadores para evitar electrocución. Recordar que para realizar la manipulación de los mecanismos, se debe cortar antes el suministro de energía para realizar la tarea con mayor tranquilidad.

La carga máxima de levantamiento del proyecto es de aproximadamente 220 kilogramos, sobre pasar este límite provocaría daños en el sistema mecánico.

10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad		Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Asesorar sobre el sistema eléctrico del elevador	■		■							■		■
2	Asesorar sobre el sistema mecánico, transmisión de potencia y estructura del elevador	■			■					■			■
3	Investigar acerca de los diferentes mecanismos de elevación.		■										
4	Cotizar los sistemas de elevación		■										
5	Diseñar sistema eléctrico y electrónico			■									
6	Diseño de sistema mecánico				■								
7	Dibujar esquemas					■	■						
8	Cotizar materiales							■					
9	Definir el espacio de localización								■				
10	Medir el área y altura del foso									■			
11	Calcular longitudes y cantidades										■		
12	Definir tipos de materiales											■	
13	Ensamblar estructura del elevador												■

BIBLIOGRAFÍA

KUO. Benjamin. sistemas de automatización y control. Ed Prentice hall. 1996
GENE, Franklin. Y **POWEL**, David. Digital control of dynamics systems. Estados Unidos: Addison Wesley Publishing Company. 1994

“Ascensores y Elevadores”- <http://www.ascensoresyelevadores.com/>

“Partes del ascensor” - <http://www.revdelascensor.com/partes.html>

http://images04.olx.com.co/ui/9/72/39/1289260795_136016339_1-ELEVADORES-Y-ASCENSORES-PARA-DISCAPACITADOS-DESDE-5800000-CARVAJAL-1289260795.jpg

http://www.bibliocad.com/biblioteca/image/00000000/6000/discapitados-medidas-elevador-silla-de-ruedas_6347.gif

Curso Fácil de Electrónica Básica. CEKIT S.A. Vol. 3.

Guía didáctica de Electrónica. GEPAR Grupo en Electrónica de Potencia, Automatización y Robótica. Universidad de Antioquia.

MALONEY, Timoty J. Electrónica Industrial Moderna. 5 Edición. PEARSON EDUCATION. México, 2006.