

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CIRCUITOS DE POTENCIA
Y CONTROL PARA LAS CAMAS ELECTRICAS
HOSPITALARIAS EN LA IPS UNIPAMPLONA.**

Autor
Diego Pelaez Carrillo

**PROGRAMA DE INGENIERIA
MECATRÓNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA,
MECATRONICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS**



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, Junio 2 de 2016

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CIRCUITOS DE POTENCIA Y CONTROL PARA LAS CAMAS ELECTRICAS HOSPITALARIAS EN LA IPS UNIPAMPLONA.

Diego Pelaez Carrillo

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERA MECATRÓNICA**

Director: Jesus Ortiz Sandoval
MSc. en Controles Industriales
jesus.ortiz@unipamplona.edu.co

**PROGRAMA DE INGENIERIA
MECATRÓNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA,
MECATRONICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
Pamplona, Junio 2 de 2016**

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado principalmente a Dios, a mi familia y a cada una de esas personas que me apoyaron y de una u otra forma hicieron posible que este proyecto llegara a feliz término.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por darme la sabiduría necesaria para tomar las decisiones correctas a lo largo de mi carrera además de brindarme las oportunidades de vivir miles de experiencias que me ayudan a crecer como persona.

Le doy gracias a mis padres Martha y Badel y a mi tía Ana por confiar en mí y en mis capacidades por creer que puedo llegar lejos y puedo superar cualquier dificultad que se cruce por mi camino, les agradezco además el apoyo económico y emocional y por cada una de sus palabras de aliento necesaria en todo momento; A mi hermana por ser parte importante de mi vida, a mis familia por ayudarme cuando llegue a necesitar apoyo y colaboración y a mis amigos a los que a un lo son, por demostrarme que siempre es bien recompensado dejar de lado por unos momento nuestros problemas personales para ayudar a esas personas que apreciamos a resistir sus dificultades.

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	9
2.	JUSTIFICACIÓN	10
3.	OBJETIVOS.....	11
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4.	GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	12
4.1.	Razón Social.....	12
4.2.	Misión.....	12
4.3.	Visión.....	12
5.	MARCO TEORICO.....	13
5.1.	MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA MONOFASICOS.....	13
5.2.	Características de la Camas Hill Rom.....	13
5.3.	Microcontroladores y Relés.....	14
6.	ACTIVIDADES DE TRABAJO.....	15
7.	IDENTIFICACIÓN DE AVERIAS.....	16
7.1.	ESTADO DE LAS CAMAS.....	16
7.2.	ANÁLISIS DE LOS DAÑOS ENCONTRADOS.....	17
7.3.	ANÁLISIS DEL CONTROL Y ELECTRONICA DE POTENCIA UTILIZADA.....	19
8.	UBICACIÓN DE COMPONENTES Y OPERACIONES GENERALES.....	20
8.1.	POSICIONES DE LA CAMA.....	20
8.2.	UBICACIÓN DE COMPONENTES ELECTRICOS.....	21
9.	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y POTENCIA.....	23
9.1.	SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	23
9.2.	DISEÑO DE CIRCUITOS.....	23
9.2.1.	CIRCUITO DE POTENCIA.....	23
9.2.2.	TARJETA DE CONTROL.....	24
10.	IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL Y POTENCIA.....	26
10.1.	CONEXIONES.....	26

11.	VALIDACIÓN DEL SISTEMA E IMPLEMENTACIÓN EN LOS DEMAS EQUIPOS NECESARIOS.....	32
12.	CONCLUSIONES	35
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	36
14.	ANEXOS	37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Conexiones Entre la Tarjeta de Control y Auxiliar.....	29
Tabla 2 - Conexiones Entre la Tarjeta de Control y de Potencia.....	30
Tabla 3 – Valor unitarios de las tarjetas.....	32
Tabla 4 – Valor total de las tarjetas	33

LISTA DE IMÁGENES

Figura 1 - Listado de actividades.....	15
Figura 2 - Tarjeta de potencia fuera de servicio.	16
Figura 3 - Tarjeta quemada.	17
Figura 4 - Sistema Mecánico.	18
Figura 5 - Circuito de la electrónica de potencia de las camas Hill Rom.....	19
Figura 6 - Secciones de la cama.	20
Figura 7 - Nivel bajo.	20
Figura 8 - Ubicación sensor.	21
Figura 9 - Pulsadores.	22
Figura 10 - Piesero.....	22
Figura 11 - Circuito de potencia.	23
Figura 12 - Tarjeta de potencia.	24
Figura 13 - Arduino mega.....	25
Figura 14 - Circuito tarjeta auxiliar.....	26
Figura 15 - Motores de corriente alterna.	27
Figura 16 - Capacitores de arranque.....	28
Figura 17 - Fuente de corriente directa.	28
Figura 18 - Pines de conexión.	30
Figura 19 - Nuevo sistema de control y potencia.	31
Figura 20 - Manual de Servicio.....	33

1. INTRODUCCIÓN

Los problemas más comunes que se presentan en los pacientes que se encuentran postrados en una cama son las úlceras por presión lesiones que se desarrollan en partes de la piel sometidas a presiones constantes y acumulación de humedad, para prevenir el desarrollo de estas causas, los investigadores han modificado las camas de hospitales rígidas por camas capaces de cambiar su posición por medio de diferentes motores que facilitan el movimiento del paciente sin mayor esfuerzo.

El presente proyecto se implementó en las camas eléctricas hospitalarias que prestan su servicio en la Instituto Prestador de Salud de la Universidad de Pamplona (IPS UNIPAMPLONA) a las cuales se les diseño e implemento un nuevo sistema de control que brinda mayor eficiencia y confiabilidad y un nuevo sistema de potencia que se encarga de proporcionar la corriente y el voltaje que necesitan los actuadores en este caso 4 motores de corriente alterna monofásicos para que generen el efecto adecuado sobre el proceso automatizado. Hay cuatro motores individuales para alimentar las funciones separadas de la cama. Los motores tienen capacidad de manivela manual para permitir el funcionamiento en caso de fallo de alimentación. La cabeza tiene un mecanismo de liberación para permitir el aplanamiento de esta sección de la superficie de descanso. Todos estos motores son un diseño plug-in para que sean fácil y rápidamente desmontable de la cama en caso de problemas de motor. Estos motores están diseñados y fabricados especialmente para las distintas funciones que deben desempeñar [1].

En la actualidad este tipo de camas incorporan un panel con sensores de temperatura y sensores de proximidad de infrarrojos para detectar la ubicación de las persona que se encuentra haciendo uso de estas. Los datos recogidos por estos sensores pasan a un microcontrolador que se encarga de tomar la decisión de mover los motores para cambiar la posición de la cama [2]. Los pacientes que se encuentran en cama necesitan enfermeras que ayuden a cambiar de posición cuando se encuentran acostados; las camas eléctricas tienen una gran ventaja ya que aligeran la carga o el peso del paciente y son prácticas. Se estudia la posibilidad de implementar el cambio de posición del equipo por medio del ojo que permite al usuario controlar la cama por sí mismo posicionándola de la mejor forma y sin mayor esfuerzo [3]. Tecnología más avanzada nos presenta sistemas de control más avanzados en el que el usuario solo debe mirar a un panel y con parpadeos controlar los movimientos del equipo. Diferente a la mayoría de interfaz cerebro ordenador [4].

El siguiente proyecto se encuentra estructurado de la siguiente manera: 2. Justificación, 3. objetivos, 4. generalidades de la empresa, 5. Marco teórico, 6. Identificación de averías, 7. Ubicación de componentes y operaciones generales, 8. Diseño del sistema de control y potencia, 9. Implementación del nuevo sistema de control y potencia, 10. Validación del sistema e implementación en los demás equipos necesarios, 11. Conclusiones, 12. Bibliografía.

2. JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales problemas del sistema de salud colombiano es la falta de planta física de las entidades e instituciones prestadoras de salud que cumplan con los requerimientos necesarios para suplir las necesidades de los pacientes en especial en la etapa de hospitalización en donde los pacientes deben estar especialmente cómodos para así lograr una mayor efectividad en el tratamiento que se le esté brindado, una componente importante de esta etapa son las camillas que se les brindan a los pacientes en el área de hospitalización, a pesar de que la IPS Unipamplona cuenta con una cantidad de estos implementos se ha notado una desmejora en la calidad de las mismas puestos que el sistema que permite el cambio de posición de las camas hospitalarias se desmejora por diferentes causas en especial por el uso constante a las que son sometidas.

Las fallas que presentan en el circuito eléctrico de las camillas genera inconvenientes tanto como para el paciente y su familia como para el personal del servicio de salud que requieren movilizar al paciente para los diferentes procedimientos a los que son sometidos, es por esta razón que mantener a las camillas en un buen estado en especial el sistema de potencia y de control que las mantenga funcionales en todos los aspectos se convierte en una problemática de especial atención en la IPS Unipamplona, dicha problemática puede ser optimizada utilizando los conocimientos adquiridos sobre electrónica y control industrial.

El sistema de control es fundamental ya que es ahí donde se toman las decisiones y se regula el comportamiento del equipo; La implementación de nuevos circuitos de control y potencia hace que el sistema adquiera importantes características como la flexibilidad al ser fácilmente modificable y reprogramable, además de ser más robusto, menos sensibles al ruido que pueden proporcionar los actuadores y afectar el buen funcionamiento de los circuitos, confiables con un tamaño considerablemente pequeño además de ser económicos en comparación con la tecnología anteriormente usada por el equipo.

Proveer de una óptima asistencia médica es el principal objetivo de cualquier institución prestadora de servicios de salud, esta asistencia debe ser integral es decir son muchos los factores tenidos en cuenta y uno de ellos es proveer al paciente de un alojamiento adecuando esta característica juega un papel importante en la recuperación de las personas enfermas ya que al proporcionarles comodidad y confort se ayuda a evitar complicaciones.

Contar con una gran cantidad de camas hospitalarias es indispensable ya sean manuales o eléctricas además de evitar que este número se reduzca con el paso del tiempo y hacer el esfuerzo para que aumente con la rehabilitación de los equipos que presentan averías de gran magnitud en el sistema eléctrico, para evitar molestias y satisfacer las necesidades del cliente.

3. OBJETIVOS

3.1.OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de control para las camas eléctricas hospitalarias en la IPS Unipamplona.

3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el análisis del sistema para determina el control utilizado y además analizar las causas por las cuales se presentan las fallas.
- Diseñar un sistema de control y potencia que permita un funcionamiento adecuado del equipo.
- Implementar el sistema de control y el sistema de potencia para los motores.
- Validar el funcionamiento del sistema e implementarlo en los demás equipos necesarios.
- Elaborar manual de funcionamiento del equipo con las nuevas tarjetas de control y potencia para futuros mantenimientos correctivos y preventivos.

4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

4.1. Razón Social.

La IPS UNIPAMPLONA fue concebida para Servir de apoyo al cumplimiento de la misión institucional de la Universidad de Pamplona quien desde varios años viene gestionando proyectos que benefician a la comunidad de manera especial en sus funciones misionales de formación, investigación, proyección social y producción. Este objeto se cumple mediante la prestación de los servicios de salud, entendidos como un servicio público esencial y como integrante del Sistema General de Seguridad Social en Salud.

4.2. Misión.

La Clínica IPS Unipamplona es una fundación que presta servicios de salud de mediana y alta complejidad, comprometida con la humanización y la seguridad en la atención a los usuarios, desarrollando procesos de docencia e investigación.

4.3. Visión.

En el 2020 la Clínica IPS Unipamplona será reconocida como Hospital Universitario con altos estándares de Humanización, Calidad y Tecnología, articulando servicios integrales de salud con docencia e investigación.

5. MARCO TEORICO

5.1.MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA MONOFASICOS

Las necesidades de la industria de generar un ahorro de energía han llevado a la necesidad de lograr niveles más altos de eficiencia de los motores de corriente alterna, es por esto que numerosas oportunidades se encuentran disponibles para el logro de este propósito. Uno de las posibles soluciones es de hecho la optimización del factor de potencia, la potencia de entrada mínima y máxima producen a un valor de factor de potencia que al ser optimizado mejora la eficiencia. Los resultados experimentales demuestran, en el caso de un motor de condensador de una sola fase, que el uso de un tipo de sistema de este tipo tiene un potencial significativo de ahorro de energía [6].

Los motores monofásicos de inducción tienen una gran desventaja debido a que solo tienen una fase en el devanado del estator, el campo magnético en un motor monofásico no rota, primero pulsa con gran intensidad después con menor grado, pero siempre en la misma dirección ya que no tiene campo magnético rotacional un motor monofásico no tiene par de arranque. Puesto que el campo magnético del estator no rota no hay movimiento por lo tanto no hay voltaje inducido, sin embargo, una vez que el motor comienza a girar se induce un par en él.

Para lidiar con el problema de falta de par al momento de arrancar el motor existen tres técnicas para arrancar estos motores monofásicos de inducción, que se clasifican de acuerdo al método utilizado para producir su par de arranque, estas tres técnicas hacen que uno de los dos campos magnéticos giratorios sea más fuerte que el otro y en consecuencia, dar a este un apoyo inicial en cualquier dirección; estas tres técnicas son: devanado de fase partida, devanados con capacitor y polos estatoricos sombreados [7].

Motores con Arranque por Capacitor:

Este tipo de arranque es utilizado cuando se requiere de un par de arranque alto, en este tipo de arranque se dispone de un capacitor en serie con el devanado auxiliar del motor. Se debe seleccionar un capacitor con un tamaño adecuado, la fuerza magneto motriz de la corriente de arranque del devanado principal para lograr que el ángulo de fase de la corriente del devanado auxiliar adelante en 90° la corriente en el devanado principal puesto que estos dos físicamente están separados 90° , esto produce un solo campo magnético rotacional uniforme del estator y el motor se comportara como si estuviera arrancando conectado a una fuente de potencia trifásica [7].

5.2.Características de la Camas Hill Rom

El sistema de energía eléctrica está aislada mecánicamente de las partes metálicas de la cama. No hay componentes eléctricos adicionales, tales como transformadores de aislamiento, están obligados a hacer cumplir esta cama códigos eléctricos aplicables. Los materiales de aislamiento son del tipo que no se deteriore hasta un nivel peligroso durante un período de 18

años con un uso normal. La cama es de tipo retráctil que se mueve el paciente más cerca de la cabecera de la cama de forma automática cuando se eleva la sección de cabeza. Cuando se eleva la sección de cabeza, la longitud global de la cama se reduce en proporción a la elevación de la sección de cabeza. La cama prueba automáticamente su sistema de circuitos eléctricos para asegurar que el sistema está conectado correctamente con respecto a la tierra y la polaridad correcta. Las deficiencias en la tierra o la polaridad del cableado del edificio a esta cama se indican automáticamente por un luminoso rojo situado en el panel de control de la enfermera en el extremo de los pies de la cama. Esta luz no opera en 230 voltios camas. Hay cuatro motores individuales para alimentar las funciones separadas de la cama. Los motores tienen capacidad de manivela manual para permitir el funcionamiento en caso de fallo de alimentación.

La cabeza tiene un mecanismo de liberación para permitir el aplanamiento de esta sección de la superficie de descanso. Todos estos motores son un diseño plug-in para que sean fácil y rápidamente desmontable de la cama en caso de problemas de motor. Estos motores están diseñados y fabricados especialmente para las distintas funciones que deben desempeñar [8].

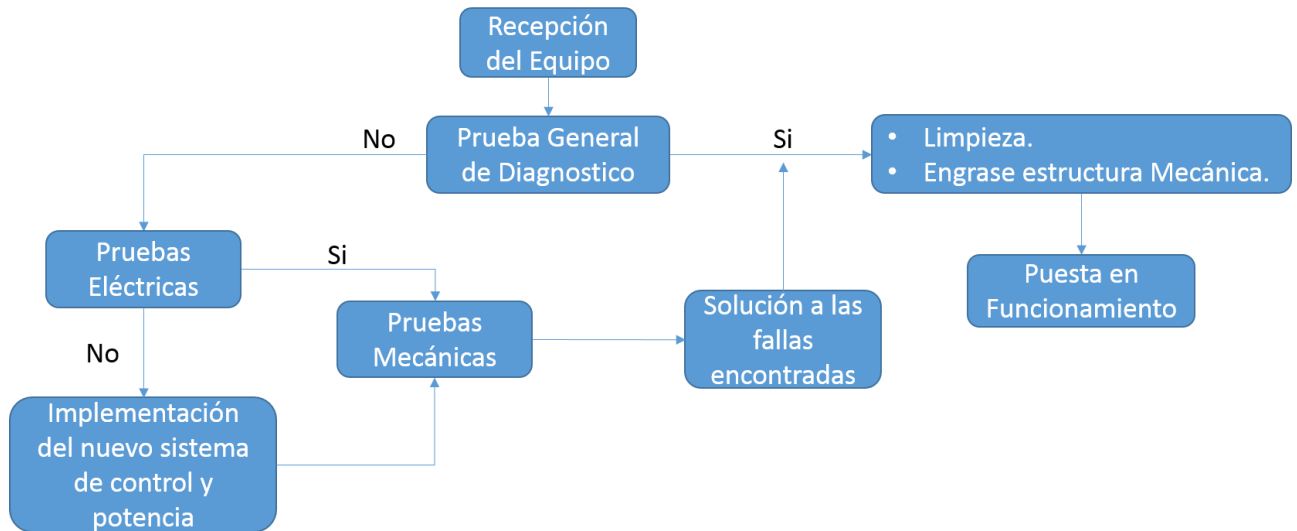
5.3. Microcontroladores y Relés

Los relés son un dispositivo electromagnético que por medio de un microcontrolador puede ser controlado el cierre o apertura del circuito independiente de alta tensión, pero recientes estudios han demostrado un efecto de retardo en la capacidad de enlace de las redes de transmisión, este retraso es equivalente, un retraso de unidades en el enlace desde el emisor hasta el relé, cero retraso en los enlaces desde el transmisor hasta el receptor y desde el relé al receptor [9]; dicho efecto debe ser tenido en cuenta a la hora de hacer la integración entre ambos elementos dentro de un mismo sistema. Otro tema de igual importancia es la protección del componente encargado de hacer el control es decir el microcontrolador en el mercado se encuentran relés que pueden proteger el equipo contra sobre-corriente, sobre voltaje y bajo voltaje, proporcionando el suministro para los ajustes de voltaje excesivo, sobre los límites de corriente y bajo voltaje [10] y otros más completos que su sistema incluye facilidades para la discriminación entre la corriente de avería interno y la corriente de entrada de magnetización, protección diferencial, protección de sobreintensidad, protección contra sobretensiones y protección de bajo voltaje [11].

Se encuentran en desarrollo un tipo de relé de impedancia basados en multiprocesador-función específico. En la investigación desarrollada para este nuevo relé se introdujo la arquitectura de hardware general de una operación de tres niveles con 5 microcontroladores. Las especificaciones y el rendimiento de cada grupo de microcontroladores, así como de cada nivel, se discuten. Resultados de la prueba de la basarse en diversas condiciones de funcionamiento se demuestran. El relé es capaz de emitir señales de disparo de los interruptores automáticos correspondientes dentro de los 20 ms. El relé propuesto ofrece la velocidad, flexibilidad y economía. Las aplicaciones potenciales del relé propuesto en un entorno industrial incluyen cogeneración o cualquier tipo de plantas de autogeneración. En tales aplicaciones, el relé se utiliza para el alimentador de red, así como la protección contra pérdida de campo [12].

6. ACTIVIDADES DE TRABAJO

Figura 1 - Listado de actividades.



Fuente: Autor.

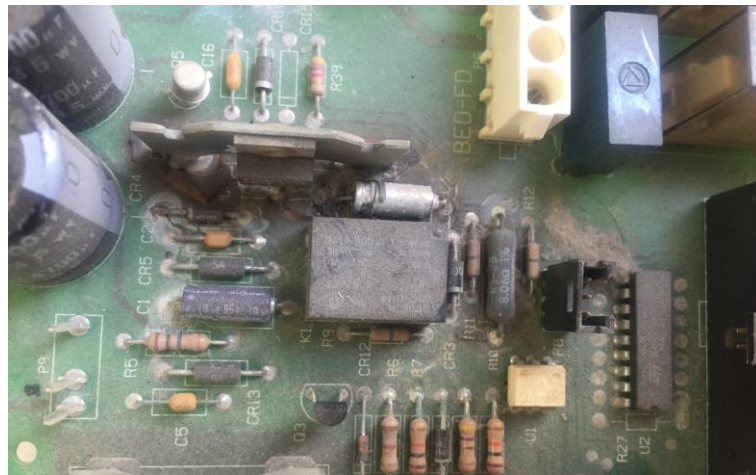
En la figura 1 se observa el listado de tareas que se realiza con cada cama eléctrica hospitalaria en ella se evidencia las pruebas y acciones tomadas para su puesta en funcionamiento; una vez recibido el equipo se procede a realizar una prueba general donde se puede descartar que la cama se encuentre fuera de servicio y solo se le hace un mantenimiento general de limpieza y engrase de toda sus parte mecánicas, o por lo contrario se confirma que el equipo se encuentra averiado y se procede a realizar pruebas eléctricas, en estas se comprueba que al equipo no se le han retirado sus tarjetas de fábrica y que en estas se encuentran fallas irreparables, el paso a seguir es la implementación del nuevo sistema de control y potencia que será descrito a continuación en este documento. Una vez se logre poner en funcionamiento los actuadores de la cama se realizan pruebas mecánicas en estas se incluyen el accionamiento de los sensores finales de carrera que se encargan de frenar el motor a la hora de llegar a sus fronteras además de revisar el estado de los fusibles mecánicos y por último dar solución a las fallas que se puedan presentar. Al terminar las pruebas también se realiza su respectiva limpieza y engrase para finalmente poner el equipo en funcionamiento y a disposición de los usuarios.

7. IDENTIFICACIÓN DE AVERIAS

7.1. ESTADO DE LAS CAMAS

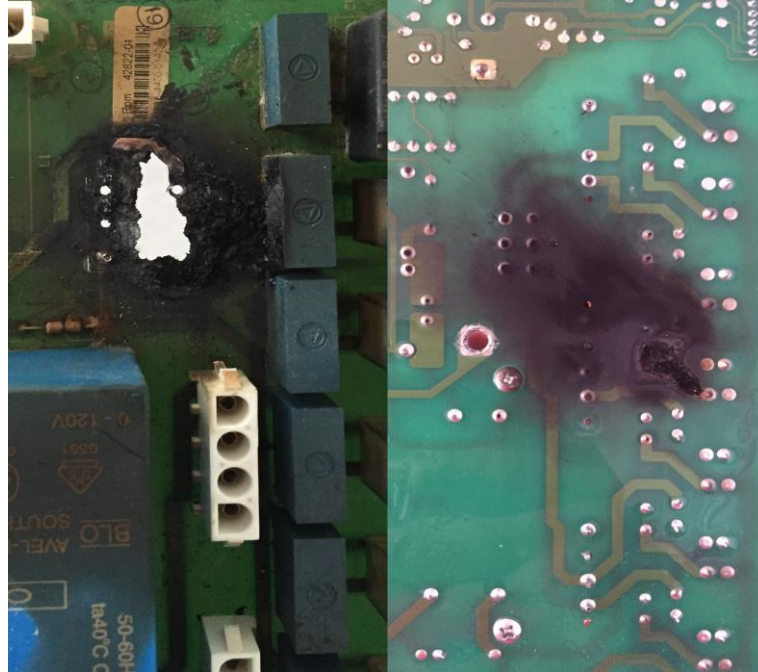
En la inspección realizada a los equipos se pudo observar que la totalidad de ellas tenían al menos una de las tarjetas ya sea la de control o la de potencia fuera de servicio por componentes electrónicos quemados como se puede observar en la figura 2; se observan evidencias de corto circuito que a su vez generan quemaduras en la placa del circuito impreso como se muestra en la figura 3. Los actuadores es decir los motores de corriente alterna se encuentran en excelentes condiciones al igual que los capacitores que se encargan de su arranque.

Figura 2 - Tarjeta de potencia fuera de servicio.



Fuente: Autor.

Figura 3 - Tarjeta quemada.

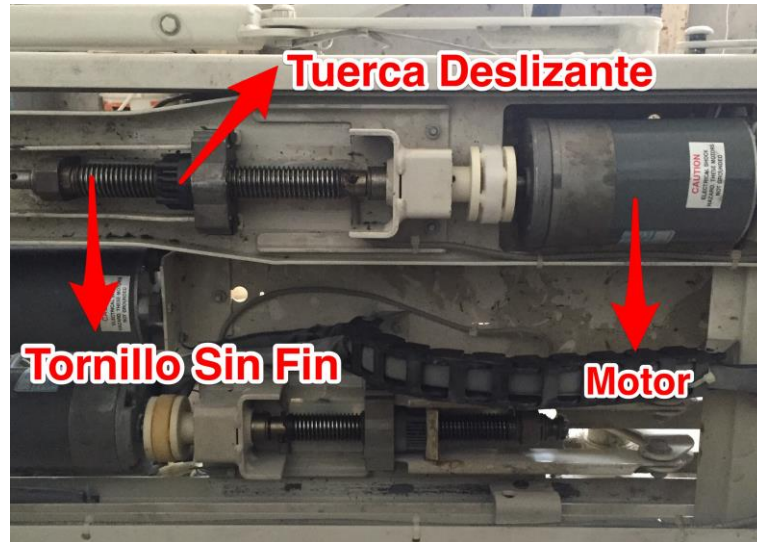


Fuente: Autor.

7.2. ANALISIS DE LOS DAÑOS ENCONTRADOS

El sistema mecánico de la cama consta de un tornillo sin fin que gira gracias a la fuerza que ejerce el motor sobre él, este a su vez desplaza una tuerca deslizante que transmite el movimiento generando el efecto de subir y bajar las diferentes partes de la cama; en cada extremos del tornillo sin fin se encuentra un final de carrera para dar aviso de que la tuerca deslizante llego al borde del tornillo.

Figura 4 - Sistema Mecánico.



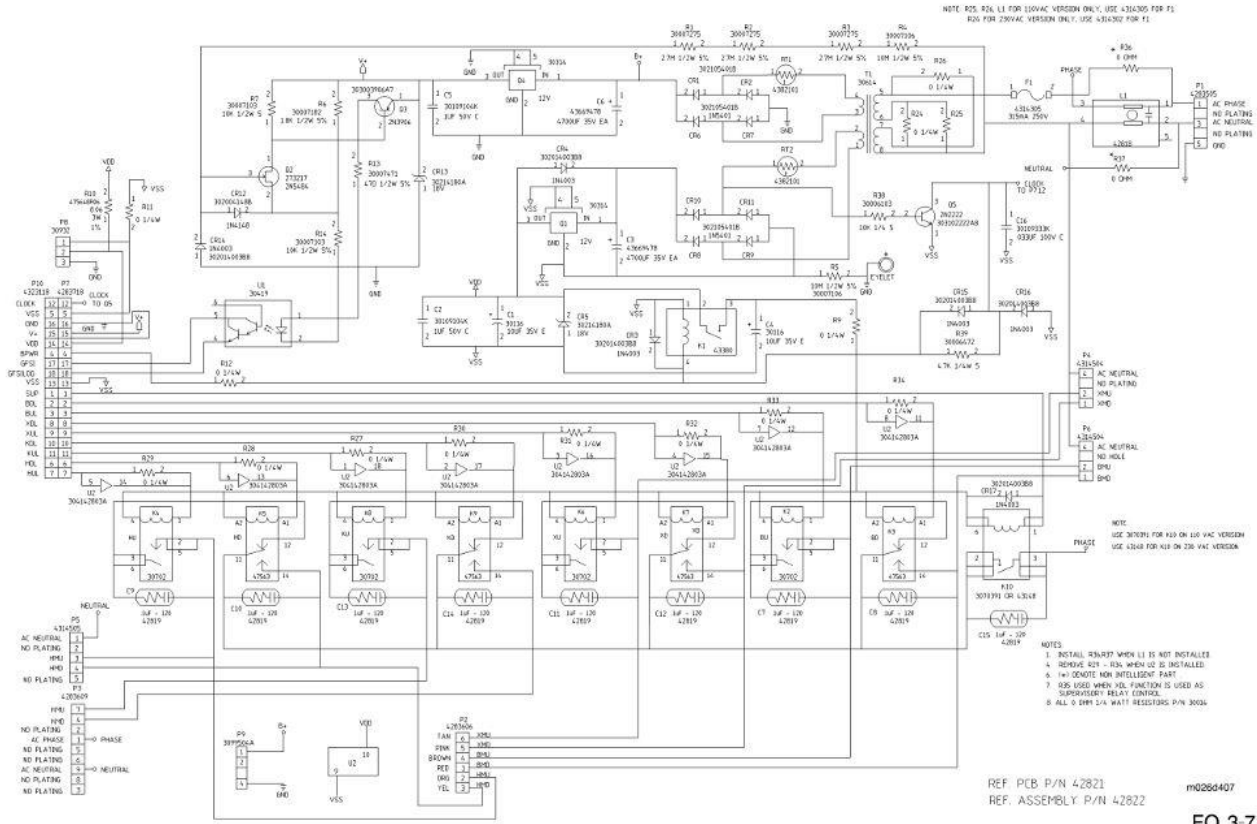
Fuente: Autor.

Cuando uno de esos finales de carrera no es activado la tuerca deslizante se desborda y se atasca provocando que el motor trabaje forzado también genera daños en los acoples entre en motor y el tornillo sin fin y en la misma tuerca deslizante; La fuerza anormal que es realizada por el motor aumenta el consumo de corriente que a su vez provoca fuertes daños en las tarjetas de potencia.

Otra de las causas por las cuales se presentan corto circuito en la tarjetas de potencia y de control es por fluidos dentro de la sección de la cama donde se encuentran alojadas dichas tarjetas, estos líquidos entran debido al mal manejo que se les da a las camas por parte del personal que mayor contacto tiene con ellas es decir enfermeras y pacientes; las enfermeras tienen la obligación de asear a los pacientes que no pueden valerse por sí solos y no tienen el cuidado de evitar derramar demasiada agua encima de la cama. Por el lado de los pacientes el problema se presenta cuando estos no son capaces de controlar sus esfínteres ya que sus fluidos corporales llegan hasta la ubicación de los componentes eléctricos de la cama. Este es de los problemas más evidentes y constantes que se observan en todas las camas que fueron revisadas durante la realización del proyecto.

7.3. ANALISIS DEL CONTROL Y ELECTRONICA DE POTENCIA UTILIZADA

Figura 5 - Circuito de la electrónica de potencia de las camas Hill Rom.



Fuente: Manual de servicio Hill Rom Company.

En la figura 5 se observa el circuito de la electrónica de potencia que viene implementado desde fábrica en los equipos y que vienen presentando el problema de averías, la tarjeta se encuentra alimentada con 110V de corriente alterna, pasa por una disminución de voltaje por medio de un transformador donde el voltaje toma valor de 15V para después hacer una inversión de corriente y empezar a trabajar con corriente directa, luego por una etapa de regulación de voltaje para siempre entregar al sistema 12V que además son la alimentación de la tarjeta de control y otro circuito que fue deshabilitado desde hace mucho tiempo y que no hace parte del proyecto. También se observa el uso de 8 relés, 2 por cada motor, esto debido a que dependiendo de la conmutación que se haga el motor girara hacia la izquierda o hacia la derecha.

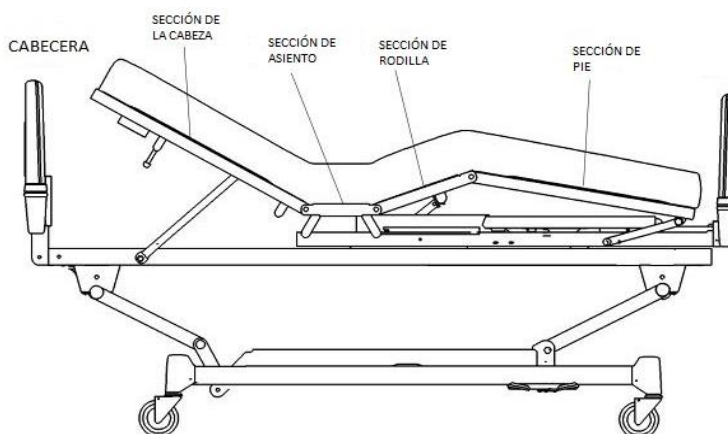
REF. PCB P/N 42821
 REF. ASSEMBLY P/N 42822
 m0266407
 FO 3-7

8. UBICACIÓN DE COMPONENTES Y OPERACIONES GENERALES

8.1.POSICIONES DE LA CAMA

En la siguiente figura 6 se pueden observar las 4 secciones en las que se dividen la cama las cuales son: sección de cabeza, asiento, rodilla y de pie.

Figura 6 - Secciones de la cama.

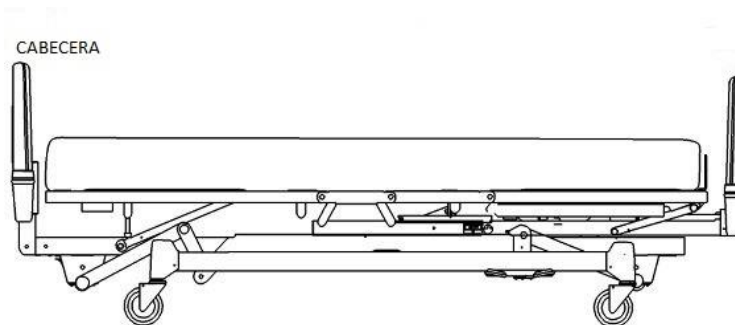


Fuente: Manual de servicio Hill Rom Company.

SECCIÓN DE LA CABEZA Y LA RODILLA: La cama es automatizada de tal manera que el ocupante puede elevar la sección de cabeza y las rodillas por la selección voluntaria de un activador táctil con los dedos. La activación hacia arriba/debajo de los activadores son de tipo Momentáneo. Los activadores están etiquetados pictóricamente para indicar su función. Los activadores son fijos y de fácil acceso de los ocupantes, independientemente del grado de inclinación.

SECCIÓN DE PIE: La parte de los pies pueden ser elevados de forma independiente, elevando el brazo de soporte de forma manual. El reposicionamiento manual no afecta a las otras características o el funcionamiento de cama.

Figura 7 - Nivel bajo.



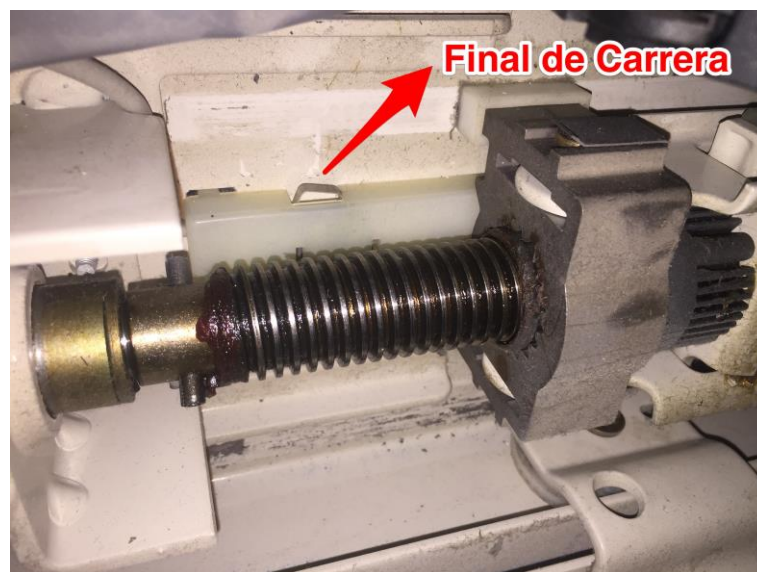
Fuente: Manual de servicio Hill Rom Company.

NIVEL: La cama ofrece la facilidad de que un paciente pueda subir o bajar la superficie de descanso para facilitar el examen, la entrada de la cama, y la salida de la cama como se ve en la figura 7 donde la cama está totalmente abajo para el fácil acceso a ella.

8.2. UBICACIÓN DE COMPONENTES ELECTRICOS

Las camas traen incorporados una regleta con dos finales de carrera incorporados los cuales tienen como función dar el aviso de detener el motor debido a que se ha alcanzado su altura máxima o mínima de la sección que se esté modificando la inclinación; esta regleta se encuentra ubicada en la parte inferior del tornillo sin fin como se observa en la figura 6 y una pieza plástica adherida a la tuerca deslizante se encarga del accionamiento del sensor.

Figura 8 - Ubicación sensor.



Fuente: Autor.

Además cuenta con pulsadores etiquetados pictográficamente (figura 9), ubicados de tal forma que sean de fácil acceso para los pacientes y robustos para soportar el uso constante al que son sometidos.

Figura 9 - Pulsadores.



Fuente: Autor.

También cuenta con cables en excelente estado; canalizado y ordenado de tal forma que se pueden reutilizar y ubicando su procedencia se pueden recibir y transmitir las señales necesarias para que el equipo funcione eficientemente.

En el piesero de la cama también se encuentra un panel con una serie de pulsadores (figura 10), diseñado principalmente para ser accionados por las enfermeras y el personal a cargo del cuidado del paciente; pero se encuentran en muy mal estado y presentan interrupciones en la transmisión de la señal lo que hace que este sea poco confiable y se tome la decisión de no ser tenido en cuenta en el proceso de rehabilitación.

Figura 10 - Piesero.



Fuente: Autor.

9. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y POTENCIA

9.1. SELECCIÓN DE COMPONENTES

Para la selección de los componentes que integraran el nuevo sistema de control y de potencia se tuvo en cuenta dos factores muy importantes; uno es el factor económico ya que no se cuenta con un alto presupuesto para la adquisición del material necesario para la puesta en marcha de los equipos. El segundo es la flexibilidad y modularidad, que cada componente que integran el sistema trabajen por separado cumpliendo el mismo objetivo, para que sean fácilmente reemplazados si por cualquier motivo llegara a fallar alguno de ellos.

9.2. DISEÑO DE CIRCUITOS

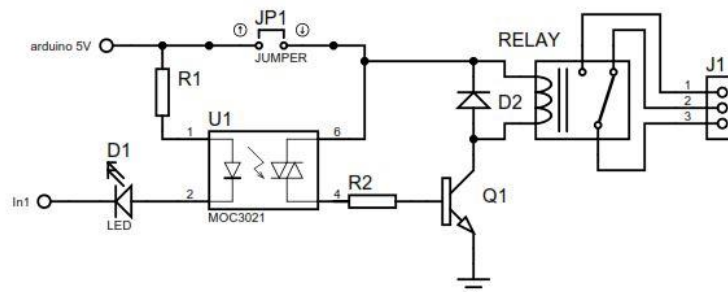
Teniendo en cuenta los elementos eléctricos y el cableado que posee la cama se procede a la creación de los nuevos circuitos de potencia y control.

9.2.1. CIRCUITO DE POTENCIA

El circuito de potencia debe tener la capacidad de recibir las señales por parte de un microcontrolador que emite una corriente eléctrica muy débil de 20mA y un voltaje de 5V y conmutar un circuito en el cual se disipe una potencia mayor ya que la idea es encender o apagar motores de corriente alterna de 115V que tienen un consumo de corriente no mayor a 3,5A además de invertir su sentido de giro necesarios para la aplicación ya establecida.

Teniendo en cuenta estas necesidades se decidió implementar el circuito de la figura 11, en él se puede observar la utilización de un relé como dispositivo encargado de cerrar el circuito por donde circularan un poco más de 115V necesarios para que el actuador trabaje en óptimas condiciones; la señal que recibe el relé para que cierre o abra el circuito proviene de un pin de la tarjeta de control que a su vez provee 5V para la puesta en marcha de un optoacoplador muy importante en este diseño ya que aísla eléctricamente el circuito de alta tensión del dispositivo más sensible del sistema que en este caso es la tarjeta de control, además se implementa un transistor para elevar la corriente de activación del relé.

Figura 11 - Circuito de potencia.

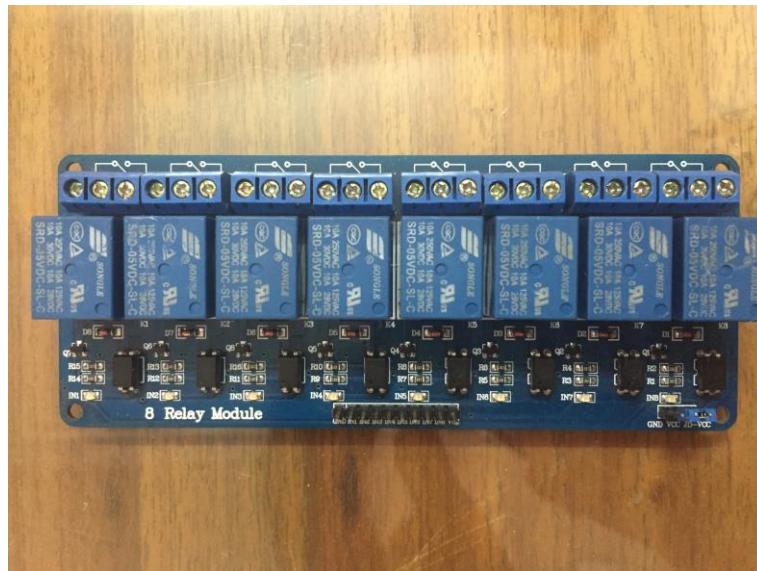


Fuente: Autor.

El motor de corriente alterna monofásico cuenta con 3 cables para realizar su conexión uno de ellos es conectado directamente a la fase y los dos restantes son conectados a un capacitor de tamaño adecuado de acuerdo a la corriente de arranque que necesita el motor para generar un par alto. Dependiente del sentido de giro que se necesita

Debido a la necesidad de cambio en el sentido de giro del motor se necesitan la activación de dos relés dependiendo de la forma de excitación del devanado auxiliar del motor y al ser 4 los actuadores de la cama se hace necesario repetir el circuito elegido 8 veces. En el mercado se consigue una tarjeta con las características precisas e ideal para ser utilizada en este proyecto ya que cuenta con 8 canales es decir 8 relés con su respectivo aislamiento eléctrico y que fue elegida además por ajustarse al presupuesto con el que se disponía.

Figura 12 - Tarjeta de potencia.

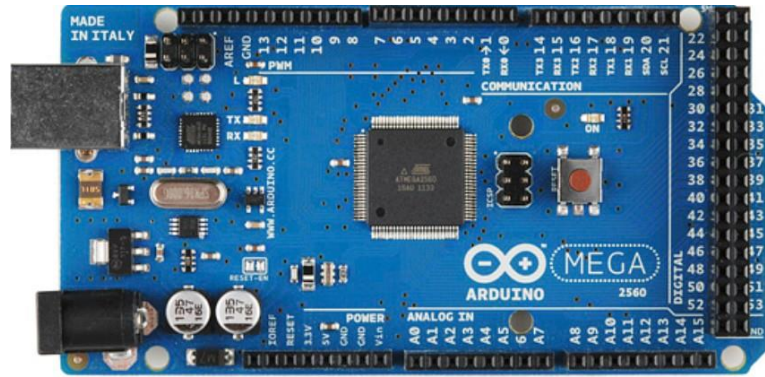


Fuente: Autor.

9.2.2. TARJETA DE CONTROL

La base del sistema de control elegido para este proyecto son los microcontroladores implementado en una placa de desarrollo marca Arduino que es una plataforma de hardware libre con entradas y salidas analógicas y digitales. La arduino mega 2560 posee 54 entradas o salidas digitales y 16 analógicas que entregan una corriente máxima de 20 mA, tiene un voltaje de operación de 5V.

Figura 13 - Arduino mega.

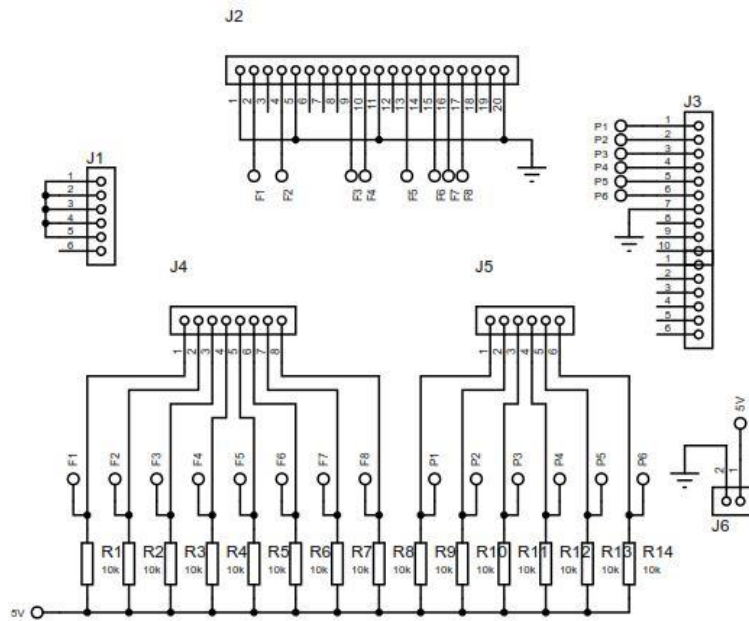


Fuente: Autor.

10. IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL Y POTENCIA

Para la implementación de las nuevas tarjetas y para mayor seguridad en las conexiones que se realizaran sobre todo en los terminales donde llegan el cableado de los finales de carrera y los pulsadores, se hace necesario el uso de una tarjeta auxiliar en la cual se pueda integrar todo el cableado y se haga uso solo de los que son necesarios para el funcionamiento del equipo con las nuevas tarjetas. Cada final de carrera y pulsador necesita de un pequeño circuito de manera que se pueda asegurar que al microcontrolador llegue el uno o el cero lógico ya sea que se esté accionando o no; este pequeño circuito también se encuentra inmerso en esta placa auxiliar.

Figura 14 - Circuito tarjeta auxiliar.



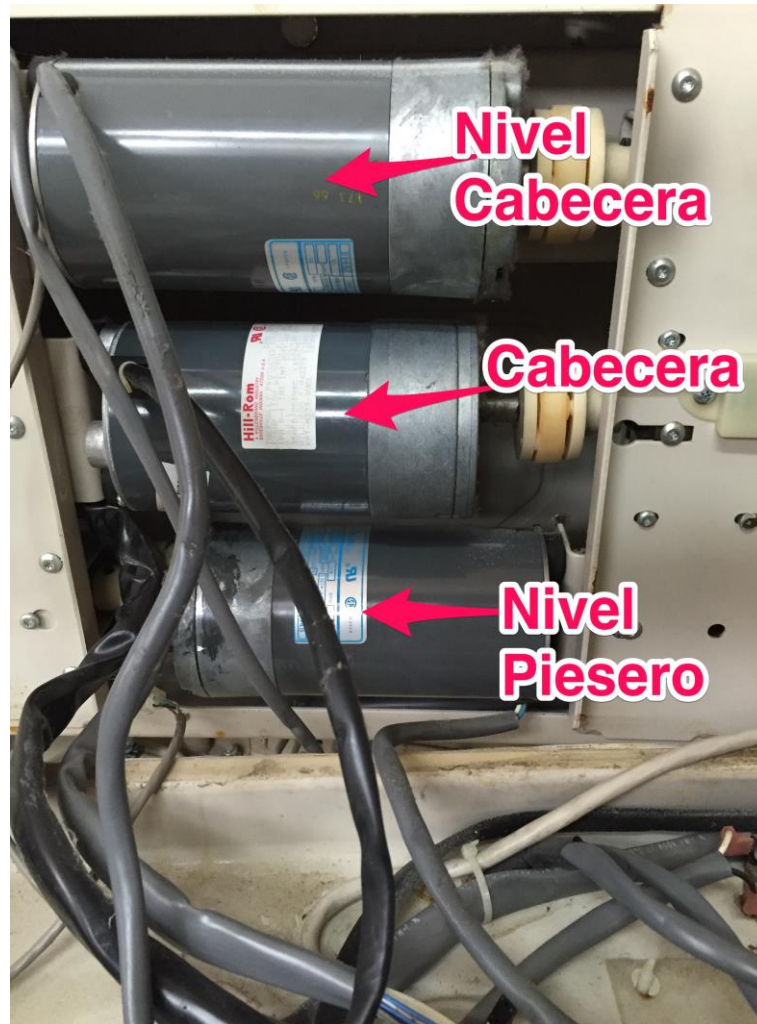
Fuente: Autor.

En la figura 14 se muestra el circuito de la tarjeta auxiliar donde J2 recibe el bus de datos donde llega el cableado de los finales de carrera, J3 recibe el bus de datos de los pulsadores y J4 y J5 son las salidas hacia la tarjeta de la señal de los 8 finales de carrera y los 6 pulsadores que se necesitan para el funcionamiento del sistema.

10.1. CONEXIONES

La cama cuenta con 4 motores de corriente alterna, 3 de los cuales se encuentran muy cerca de la zona donde se encuentra la electrónica que los controla. El 4 motor que acciona la sección de los pies se encuentra más alejado con su respectivo capacitor conectado y disponible para ser conectado a las tarjetas con facilidad.

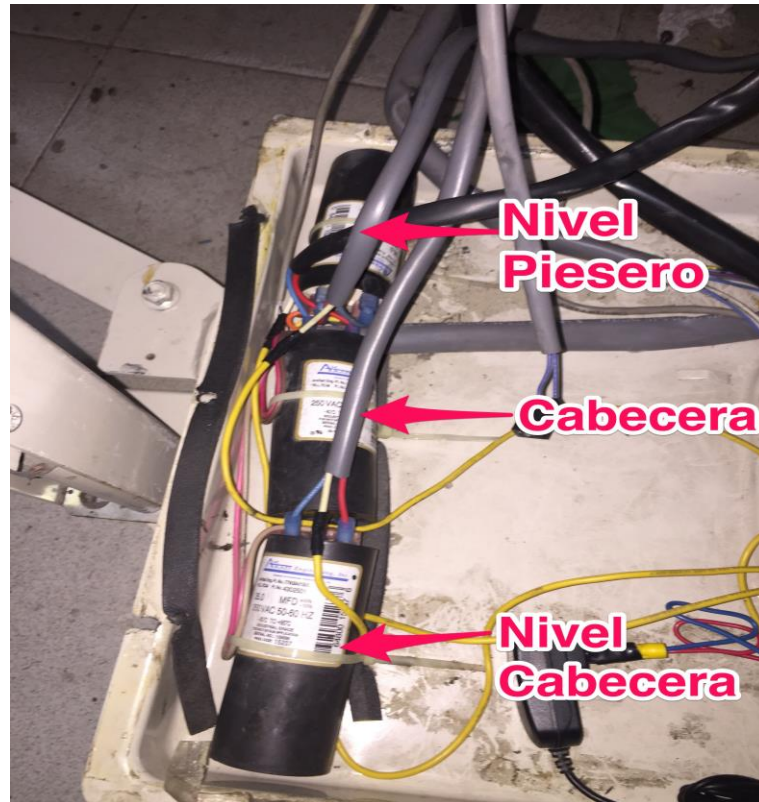
Figura 15 - Motores de corriente alterna.



Fuente: Autor.

Los tres motores cerca de la zona eléctrica cuentan con tres cables de salida uno de ellos (color blanco) se conecta a la fase y los otros dos restantes se conectan al capacitor de arranque que dependiendo como haga la conmutación con el neutro girara a favor o en contra de las manecillas del reloj. El motor de nivel cabecera y nivel piesero se activan al mismo tiempo ya que ellos son los encargados de mover el mecanismo que hace que la cama suba o baje la altura respecto al suelo; el motor de cabecera se encarga de accionar la sección de la cabecera de la cama.

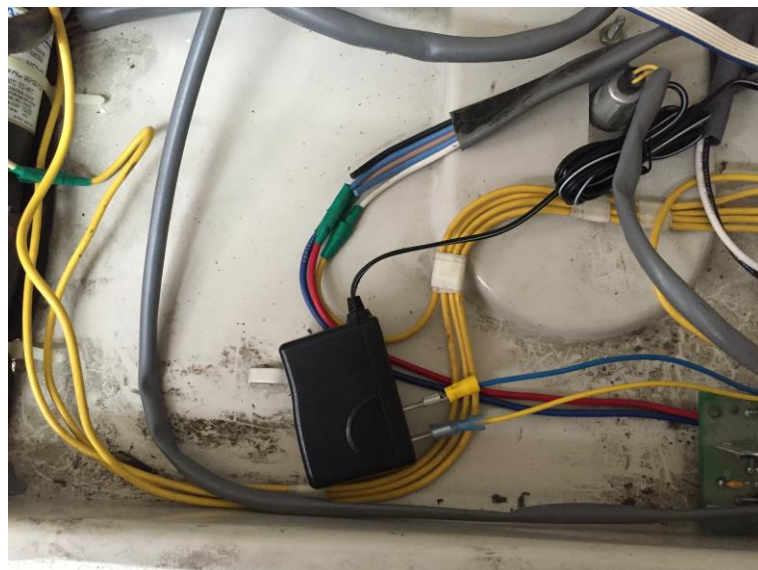
Figura 16 - Capacitores de arranque.



Fuente: Autor.

Cada capacitor cuenta con 4 terminales dos de ellas en paralelo es decir así como se conectan dos de los cables del motor también se conectan dos cables que van a ser conectados a los relés de la tarjeta de potencia.

Figura 17 - Fuente de corriente directa.



Fuente: Autor.

La alimentación de las tarjetas se hace con una fuente de corriente directa de 5V a 2,5A que es conectada a la tarjeta de control y en paralelo a la tarjeta de potencia; La tarjeta de control se encarga de proveer de los 5V que necesita la tarjeta auxiliar para su óptimo funcionamiento.

A continuación se presentan las tablas de las conexiones que se deben realizar para el funcionamiento del equipo.

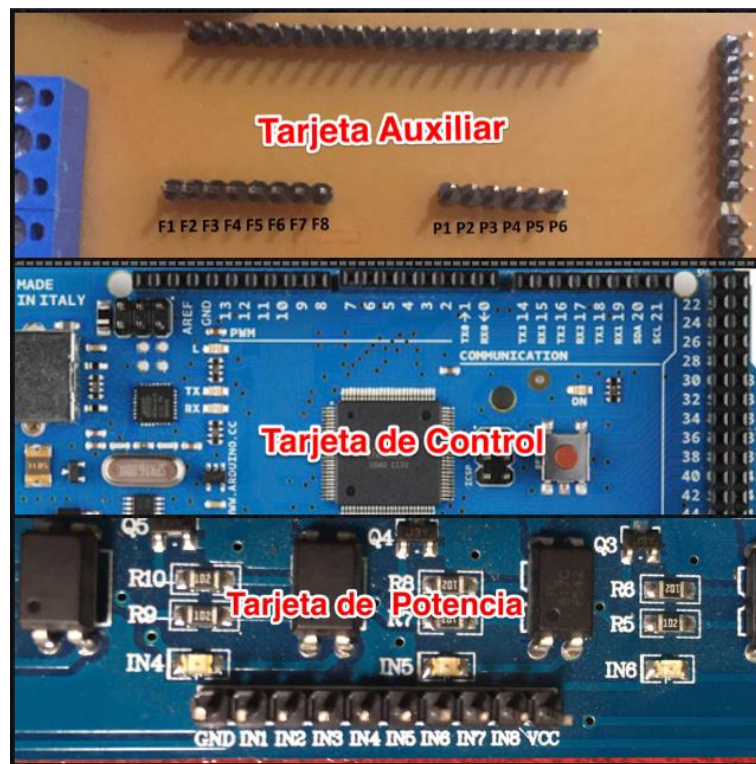
Tabla 1 - Conexiones Entre la Tarjeta de Control y Auxiliar

PINES DE LA TARJETA AUXILIAR	PINES DE LA TARJETA DE CONTROL
P1	24
P2	26
P3	28
P4	30
P5	34
P6	32
F1	12
F2	11
F3	10
F4	9
F5	8
F6	7
F7	6
F8	5

Tabla 2 - Conexiones Entre la Tarjeta de Control y de Potencia

PINES DE LA TARJETA DE POTENCIA	PINES DE LA TARJETA DE CONTROL
IN1	25
IN2	27
IN3	29
IN4	31
IN5	33
IN6	35
IN7	37
IN8	39

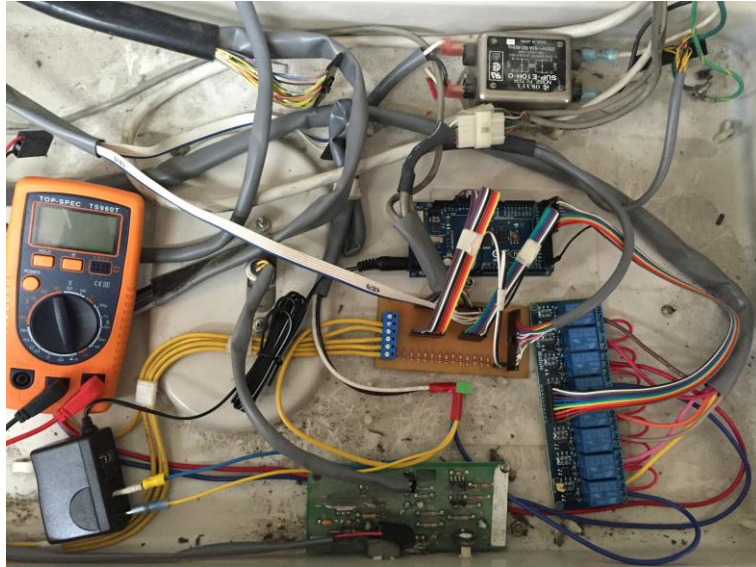
Figura 18 - Pines de conexión.



Fuente: Autor.

En la figura 18 se muestran los pines de las tarjetas con su pertinente nombre que se tuvo como referencia a la hora de hacer las respectivas conexiones entre ellas, con las relaciones que se muestran en las tablas 1 y 2.

Figura 19 - Nuevo sistema de control y potencia.



Fuente: Autor.

11. VALIDACIÓN DEL SISTEMA E IMPLEMENTACIÓN EN LOS DEMAS EQUIPOS NECESARIOS

Las nuevas tarjetas fueron implementadas en un solo equipo que fue puesto a prueba durante un periodo de tiempo de un mes en las áreas de expansiones de urgencias adultos para verificar el correcto funcionamiento y la robustez del nuevo control y circuito de potencia, arrojando como resultado un excelente comportamiento del sistema electrónico; pero presentando un serio problema en la activación de los finales de carrera por parte del sistema mecánico, la pieza encargada de accionar el sensor no cumple con su función esto genera que el motor siga girando y a su vez provoca serias averías en las tuercas deslizantes dejándolas parcial o totalmente fuera de servicio. Es por esto que se hace necesario tener en cuenta este problema presentado y poder corregirlo para realizar la adaptación en otros equipos.

Al terminar las pruebas del nuevo sistema se analizó la viabilidad económica de la implementación en los demás equipos que se encontraban fuera de servicio dando como resultado una diferencia considerable entre la inversión en las compras de las tarjetas de fabrica de las camas eléctricas y las tarjetas utilizadas en este proyecto, dicha diferencia se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 3 – Valor unitarios de las tarjetas

	VALOR UNITARIO TARJETAS HILL ROM	VALOR UNITARIO TARJETAS PROYECTO
Tarjeta del circuito de potencia	\$1.477.840	\$32.000
Tarjeta de control	\$1.432.600	\$123.000
Total	\$2.910.440	\$155.000

Como se observa en la tabla 3 la diferencia entre los precios la inversión en el proyecto es un ahorro considerable para la empresa por lo que se justificó la compra de 16 tarjetas de potencia y 16 tarjetas de control para el desarrollo de la etapa de implementación en los restantes equipos averiados, tal inversión deja como resultado un ahorro significativo de \$44.087.040 que pueden ser invertidos en otras obras dentro de la IPS Unipamplona, dicha comparación se puede observar en la tabla 4.

Tabla 4 – Valor total de las tarjetas

	VALOR TOTAL TARJETAS HILL ROM	VALOR TOTAL TARJETAS PROYECTO
Tarjeta del circuito de potencia	\$23.645.440	\$512.000
Tarjeta de control	\$22.921.600	\$1.968.000
TOTAL	\$46.567.040	\$2.480.000

El sistema desarrollado en el presente proyecto fue implementado en un total de diez (10) camas de las doce (12) que cumplían con los requisitos y acotaciones planteadas al inicio del proyecto además estas presentaban pérdida total de todas sus funciones además de encontrarse con las tarjetas de control o potencia quemadas o averiadas; estos equipos se encuentran ahora prestando su servicio en el área de urgencias satisfaciendo en su totalidad las necesidades del paciente.

Haciendo una evaluación de los resultados del proyecto y midiendo la efectividad del mismo obtenemos el siguiente resultado:

$$Efectividad = \frac{\text{resultados alcanzados}}{\text{resultados planeados}} = \frac{10}{12} \times 100 = 83,3\%$$

Es decir el proyecto alcanzo una efectividad del 83,3% es decir en el menor tiempo posible y con la menor cantidad de recursos se logró el efecto deseado y el cumplimiento de los objetivos propuestos de rehabilitar el mayor número de camas eléctricas hospitalarias.

Por último se realizó un documento en forma de manual de operaciones que fue dejado en la empresa como constancia del trabajo realizado a las camas hospitalarias.

Figura 20 - Manual de Servicio.



Fuente: Autor.

El manual de servicio realizado a estas camas contiene una información detallada de las posiciones con las que ahora cuenta el equipo en sus diferentes secciones después de haber sido implementado los nuevos sistemas además de toda la información técnica contenida en este documento entre ellas las conexiones necesarias que se deben realizar para que las tarjetas de control y de potencias funciones adecuadamente. El manual cuenta con 7 capítulos donde se incluyen las conexiones necesarias para el funcionamiento óptimo de la electrónica implementada, además de un capítulo en el que se presentan las posibles acciones para corregir un comportamiento irregular por parte de las camas eléctricas hospitalarias. El objetivo principal del manual de funcionamiento de las camas eléctricas es el de quedar como base fundamental para ser consultado si se hace necesario manipular la sección donde se encuentra la electrónica implementada en los equipos o si se llegara a presentar fallas y se hiciera necesario la realización de algún tipo de mantenimiento o reparación.

12. CONCLUSIONES

- Se pudo verificar que la mayoría de las camas eléctricas hospitalarias que se encontraban fuera de servicio presentaban daños en su sistema eléctrico y electrónico irreparable y se hacía necesario la implementación de un nuevo sistema fácil de implementar debido al corto tiempo con el que se contaba para la puesta en funcionamiento del mayor número de equipos posibles y a la vez económico de adquirir ya que las tarjetas que originalmente traen estas camas eléctricas tienen precios que superan el millón de pesos debido a que ya no son fabricadas y por tal razón son muy pocas las unidades que se pueden encontrar en el mercado y que hacen que sean difíciles de adquirir por parte de la IPS Unipamplona además se demostró la eficiencia del circuito de potencia seleccionado a la hora de encender y cambiar el sentido de giro de los motores realizando de forma correcta todos los movimientos para los cuales se diseñó el sistema.
- Se cumplió con los requisitos exigidos por la empresa como las posiciones que debía adoptar la cama para el confort de los pacientes, la economía de la adquisición de los elementos necesarios y puesta en marcha del equipo y además el diseño modular de la electrónica necesaria para ser de fácil remplazo si llegara a presentarse averías, en el proceso se presentaron problemas concernientes a la estructura mecánica y mecanismos encargados de la transmisión del movimiento que debieron ser corregidos en su momento y que a su vez producían atrasos en los tiempos de entrega y puesta en marcha de pruebas concernientes al sistema electrónico implementado por primera vez, también se presentaron problemas con los sensores finales de carrera en varios de los equipos que al momento de presentar la falla producían fallas aún más grandes en la turca deslizante o en los acoples con los motores y que debieron ser remplazados o reparados haciendo que el tiempo las camas fuera de servicio se extendieran de uno hasta 3 días.
- se comprobó que con la implementación del nuevo sistema de control y potencia se logró la rehabilitación de diez (10) camas eléctricas, de las cuales las mayorías se encontraban totalmente fuera de servicio y la otra parte prestaban su servicio parcialmente es decir solo presentaban cambio de posición en ciertas secciones, la totalidad de las camas hospitalarias quedaron trabajando en excelente estado y prestando su servicio eficientemente en el área de urgencias con un tiempo de uso de 24 horas diarias, es decir se encuentran siempre en funcionamiento y a disposición de los pacientes, al mismo tiempo se logró elaborar el respectivo manual de funcionamiento donde se especifican las nuevas características de los equipos además de las conexiones que se encuentran hechas entre las tarjetas de potencia, control y auxiliar para que en el futuro se le puedan realizar a las camas su pertinente mantenimiento preventivo para evitar cualquier posible falla y correctivo en caso de daños graves.

13. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M.-R. T. C.-K. H. C.-S. A. G. S. W. L. Chia-Yen Yang, «A Prototype System with Eye Control for New Type of Hospital Beds,» *IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, pp. 410 - 411, 2015.
- [2] Y.-J. C. P.-L. L. M.-H. L. J.-J. S. Kuo-Kai Shyu, «Total Design of an FPGA-Based Brain-Computer Interface Control Hospital Bed Nursing System,» *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, pp. 2731 - 2739, 2013.
- [3] [Citado el 15 de Agosto de 2013] Disponible en <<http://descansosalud.blogspot.com.co/search/label/Camas%20hospitalarias#.VuEOckJ97IV>>
- [4] L. K. G. A. T. C. D. T. C. D. J. E. S. M. Argel A. Bandala, «Development and Design of Automated Hospital Bed with Incremental Panels for Bedsore Prevention,» *TECON*, pp. 1 - 6, 2014.
- [5] [Citado el 26 de Febrero de 2014] Disponible en <<http://www.eccpn.aibarra.org/temario/seccion10/capitulo149/capitulo149.htm>>
- [6] R. B. G. A. C. M. E. H. Benbouzid, «Single-phase capacitor motor efficiency improvement by means of voltaje control,» *Electrotechnical Conference, 1996. MELECON '96*, pp. 302 - 305, 1996.
- [7] S. J. Chapman, *Maquinas Eléctricas*, Madrid, España: Mc Graw Hill, 2000.
- [8] H. R. Company, *Manual de Servicio*, Estados Unidos, 1998.
- [9] N. H. J. M. Abbas El Gamal, «Relay Networks With Delays,» *IEEE Transactions on Information Theory*, pp. 3413 - 3431, 2007.
- [10] S. k. T. V. S. K. G. Ramarao, «Design of microcontroller based multi-functional relay for automated protective system,» *Engineering and Systems (SCES)*, pp. 1 - 6, 2014.
- [11] S. M. N. M. W. Z. W. H. N. F. M. A. Rafa, «Protection of power transformer using microcontroller-based relay,» *Research and Development, 2002. SCORED 2002.*, pp. 224 - 227, 2002.
- [12] A. A. G. M. Vichitchot, «Microcontroller based impedance relay,» *Industry Applications Society Annual Meeting, 1991.*, pp. 1795 - 1801, 1991.

14. ANEXOS

- Manual de servicio camas serie advance de Hill Rom.
- Carta aval terminación prácticas empresariales.