

Prototipo de cama eléctrica intrahospitalaria con sistema electrónico de pesado de pacientes

José Marino Franco Alzate

Asesor

Jairo Alberto Cuellar Guarnizo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Electrónica

2023

Dedicatoria

Dedico esta meta alcanzada especialmente a Dios, quien me ha inspirado y permitido alcanzar este logro importante en vida, también a mi madre, mi hermana, mi hijo, esposa y demás familia por el apoyo incondicional el cual me ha fortalecido para salir adelante con este proceso de formación como persona y profesional

Agradecimientos

Agradezco a Dios y a quienes han hecho parte de mi formación, a través de su cercanía y apoyo.

A Wilson Guerrero, Johan Piña, Fernando López, que siempre estuvieron presentes en este proceso, a mi familia, quienes confiaron en mí y en mis capacidades; y a mis tutores durante toda la carrera, que fueron coadyuvantes en mi deseo de ser Ingeniero Electrónico, profesión la cual seguiré ejerciendo con orgullo y dedicación en el campo hospitalario como hasta ahora.

Resumen

En esta época de grandes cambios a nivel tecnológico, la implementación de nuevas tecnologías adquieren importancia también en el campo de la salud, buscando dinamizar aún más en la atención del paciente, es por esto que en el presente proyecto se documentó la información relacionada con el funcionamiento de cada uno de los componentes electrónicos del prototipo de cama eléctrica intrahospitalaria con sistema de pesado del paciente, proyecto el cual se compone de un sistema de sensores de presión, en puente Wheatstone, conversor A/D de 24 bits por medio del chip HX711, sistema microcontrolado con Arduino uno y sistema de visualización por medio de pantalla Lcd 2x16, usando protocolo I2C. Así mismo se diseñaron los planos eléctricos y electrónicos usando el software proteus, se realizó la construcción del prototipo usando materiales reciclables, después de ser aprobados los planos, como última etapa se hicieron las pruebas necesarias del dispositivo verificando su respectivo funcionamiento con el fin de realizar ajustes en caso de necesitarse.

La metodología empleada en el proyecto se basó en un enfoque de desarrollo tecnológico y experimental. Se inicia con la documentación y comprensión de los componentes electrónicos necesarios para el diseño y funcionamiento del prototipo de cama eléctrica con sistema de pesado de pacientes. Luego, se procede al diseño y elaboración de los planos eléctricos y electrónicos utilizando el software Proteus, lo que permite visualizar y validar el diseño antes de la construcción física.

La fase siguiente involucra la construcción del prototipo utilizando materiales reciclables, siguiendo los planos y diseños previamente elaborados. Una vez construido, se realizan pruebas exhaustivas del dispositivo para verificar su funcionamiento y precisión. Estas pruebas permiten identificar posibles ajustes necesarios para optimizar el prototipo y garantizar su correcto

desempeño.

Palabras Claves:

Dato Antropométrico

La antropometría implica medir el cuerpo humano y se emplea para evaluar la nutrición de personas y grupos, además de determinar su elegibilidad en programas alimentarios.

Equipo Biomédico

El dispositivo médico funcional incluye sistemas eléctricos, electrónicos y programas informáticos, destinado a usarse en seres humanos para prevención, diagnóstico y tratamiento, según el fabricante.

Fármacos

Un fármaco es una molécula bioactiva capaz de interactuar con receptores proteicos en una célula debido a su estructura química, generando una acción y efecto específicos en la membrana, citoplasma o núcleo.

Parámetros Ventilatorios

Son los datos que se consideran como imprescindibles y orientativos para lograr evaluar o valorar una determinada situación. A partir de un parámetro, una cierta circunstancia puede comprenderse o ubicarse en perspectiva.

Unidad de Cuidado Intensivo

La terapia intensiva es esencial para pacientes graves que necesitan atención especializada y pronta. Aquí, profesionales médicos y enfermeros brindan cuidados constantes para prevenir cambios impredecibles en la salud de los pacientes. Esta atención altamente especializada garantiza un ambiente vigilado y el cuidado necesario para diversas enfermedades.

Abstract

In this time of great changes at a technological level, the implementation of new technologies also acquires importance in the field of health, seeking to further energize patient care, which is why in this project the information related to the operation of each of the electronic components of the prototype of an in-hospital electric bed with a patient weighing system, a project which is composed of a pressure sensor system, in a Wheatstone bridge, and a 24-bit A/D converter using the HX711 chip. , microcontrolled system with Arduino uno and display system through a 2x16 LCD screen, using I2C protocol. Likewise, the electrical and electronic plans were designed using the Proteus software, the construction of the prototype was carried out using recyclable materials, after the plans, as a last stage the necessary tests of the device were carried out, verifying its respective operation in order to make adjustments if necessary. The methodology used in the project was based on a technological and experimental development approach. It begins with the documentation and understanding of the electronic components necessary for the design and operation of the electric bed prototype with a patient weighing system. Then, the electrical and electronic plans are designed and prepared using Proteus software, which allows the design to be visualized and validated before physical construction. The next phase involves the construction of the prototype using recyclable materials, following the previously prepared plans and designs. Once built, extensive testing of the device is performed to verify its function and accuracy. These tests allow us to identify possible adjustments necessary to optimize the prototype and guarantee its correct performance.

Keywords:**Anthropometric Data**

Anthropometry involves measuring the human body and is used to assess the nutrition of individuals and groups, as well as to determine their eligibility for food programs.

Biomedical Equipment

Functional medical devices include electrical, electronic, and computer systems intended for use in humans for prevention, diagnosis, and treatment, as specified by the manufacturer.

Pharmaceuticals

A drug is a bioactive molecule capable of interacting with protein receptors in a cell due to its chemical structure, generating a specific action and effect on the membrane, cytoplasm, or nucleus.

Ventilatory Parameters

These are the data considered essential and indicative to evaluate or assess a particular situation. Based on a parameter, a certain circumstance can be understood or placed in perspective.

Intensive Care Unit

Intensive care is essential for seriously ill patients who require specialized and prompt attention. Here, medical professionals and nurses provide constant care to prevent unpredictable changes in patients' health. This highly specialized care ensures a monitored environment and the necessary attention for various illnesses.

Tabla de Contenido

Introducción.....	12
Planteamiento del problema.....	14
Árbol del problema.....	17
Justificación.....	18
Objetivos.....	20
Objetivo General.....	20
Objetivos específicos.....	20
Alcances y Limitantes.....	21
Compromisos de entrega al finalizar proyecto.....	23
Metodología.....	25
Documentar información relacionada con el proyecto.....	27
Diseño y elaboración de planos eléctricos, mecánicos y electrónicos en software.....	43
Construcción del prototipo, visualizando funcionamiento.....	50
Recursos necesarios para la implementación.....	57
Conclusiones.....	58
Recomendaciones.....	59
Referencias Bibliográficas.....	60

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Conexiones digitales de control puente H y Arduino Uno</i>	45
Tabla 2 <i>Recursos necesarios implementación</i>	57
Tabla 3 <i>Plan de mantenimiento.</i>	64
Tabla 4 <i>Plan de mantenimiento predictivo</i>	68
Tabla 5 <i>Protocolo de mantenimiento preventivo</i>	69

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Árbol del problema</i>	17
Figura 2 <i>Esquema general del prototipo</i>	26
Figura 3 <i>Esquema general galga extensiométrica</i>	28
Figura 4 <i>Esquema general puente wheatstone</i>	30
Figura 5 <i>Esquema general conversor A/D HX711</i>	33
Figura 6 <i>Esquema general arduino</i>	36
Figura 7 <i>Esquema general conexiones de modulo I2C PCF8574</i>	37
Figura 8 <i>Diagrama de bloques puente H</i>	39
Figura 9 <i>Circuito electrónico puente H, L298N</i>	40
Figura 10 <i>Plano general en proteus del prototipo</i>	43
Figura 11 <i>Plano de etapa de potencia en proteus</i>	44
Figura 12 <i>Etapa de conversión A/D, calibración y sensado de peso de paciente en proteus</i> ...	46
Figura 13 <i>Plano en proteus, sistema de visualización</i>	47
Figura 14 <i>Esquema general control de movimientos del prototipo</i>	48
Figura 15 <i>Diagrama de flujo programación del prototipo</i>	49
Figura 16 <i>Esquema general tarjetas electrónicas del prototipo</i>	50
Figura 17 <i>Prototipo de cama eléctrica en proceso de construcción</i>	51
Figura 18 <i>Proceso de construcción de prototipo, con barandas</i>	52
Figura 19 <i>Conexiones eléctricas para movimiento de cabeza y pies del prototipo</i>	53
Figura 20 <i>Conexiones eléctricas sistema encargado peso de paciente del prototipo</i>	55
Figura 21 <i>Funcionamiento del prototipo</i>	56
Figura 22 <i>Algoritmo del proyecto desarrollado en arduino</i>	70

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Explicacion detallada de funcionamiento de la solución implementada</i>	62
Apéndice B <i>Plan de mejoras</i>	63
Apéndice C <i>Plan de mantenimiento correctivo</i>	64
Apéndice D <i>Plan de mantenimiento predictivo</i>	68
Apéndice E <i>Plan de mantenimiento preventivo</i>	69
Apéndice F <i>Algoritmo del proyecto desarrollado en Arduino</i>	70

Introducción

Una cama eléctrica es un sistema electromecánico que ayuda a mejorar las condiciones clínicas de los usuarios en centros de salud, proporciona comodidad, seguridad, y facilita el transporte del paciente, por tal motivo para el mejoramiento de las camas eléctricas se requiere un sistema microcontrolado, diseñado específicamente con dispositivos electrónicos que satisfaga la necesidad requerida, ayudando así en la toma de decisiones de acuerdo con la patología del paciente.

El propósito del trabajo de grado es implementar un prototipo electrónico de cama eléctrica intrahospitalaria, con un sistema de sensores piezoresistivos, que permita la captura del peso de un paciente, sin necesidad de movilizarlo.

El desarrollar el presente proyecto permite al médico intensivista, terapeuta respiratoria y profesionales de enfermería, optimizar tiempos de estancia hospitalaria del paciente porque de acuerdo con el peso del paciente se toman decisiones de dosificación de fármacos y parámetros de programación en los Equipos Biomédicos.

Para su ejecución, el trabajo se dividió en varios capítulos los cuales son descritos a continuación: en el primer capítulo se determina los componentes electrónicos que se usarán en el presente proyecto, además la explicación detallada del funcionamiento de cada una de las etapas del circuito electrónico,

las cuales interactúan entre sí. En el segundo capítulo se elaboran los planos eléctricos y electrónicos de la totalidad del proyecto, en el programa proteus, así mismo se elabora tarjeta PCB, para control demovimientos de la cama en programa PCB Wizard. En el capítulo tres se da la explicacion detallada del funcionamiento de la solución implementada, además se hace verificación del funcionamiento del prototipo.

Planteamiento del Problema

En el entorno de la atención médica en unidades de cuidados intensivos, se ha identificado una dificultad crítica relacionada con la imposibilidad de determinar el peso real de los pacientes. Esta dificultad surge debido a la complejidad de movilizar a los pacientes en situación crítica para realizar mediciones de peso precisas, que son esenciales para la toma de decisiones médicas en áreas como la nutrición, la terapia respiratoria y la administración de medicamentos. Las circunstancias de salud de los pacientes impiden que el método convencional de pesaje en una balanza sea viable, lo que ha llevado a la dependencia de cálculos estimativos subjetivos. Esta falta de datos precisos sobre el peso de los pacientes puede resultar en consecuencias negativas para su tratamiento, como complicaciones en la ventilación mecánica, ajustes incorrectos en la administración de medicamentos y decisiones clínicas basadas en estimaciones imprecisas. Por lo tanto, se plantea la necesidad de desarrollar una solución efectiva que permita estimar el peso de los pacientes de cuidados intensivos con mayor precisión y sin comprometer su estado de salud.

Aportes de la Propuesta

La propuesta a desarrollar en este trabajo de grado brindará una solución innovadora y práctica para abordar la problemática mencionada. Al implementar un enfoque que incorpore tecnologías de medición alternativas, ecuaciones validadas y protocolos específicos, se espera lograr una estimación más precisa del peso de los pacientes en cuidados intensivos. Esta solución no solo mejorará la calidad de la atención médica al tomar decisiones más informadas y acertadas, sino que también reducirá el riesgo de complicaciones asociadas a tratamientos basados en estimaciones erróneas. Además, al facilitar el cálculo adecuado de dosis de

medicamentos y la configuración de equipos médicos, se espera acelerar la recuperación de los pacientes y reducir su estancia en la unidad de cuidados intensivos. En última instancia, la propuesta contribuirá a optimizar la gestión de pacientes críticos y mejorará los resultados clínicos en un entorno de atención médica tan crucial.

Área Nutricional

Se encarga de identificar al paciente que presenta desnutrición o riesgo nutricional mediante la utilización de una herramienta como es el tamizaje nutricional adecuado al grupo etario, teniendo en cuenta el examen físico, datos antropométricos, cambios en el peso, y en la ingesta, tipo de repercusión de la enfermedad en el gasto metabólico, y así poder estimar los requerimientos nutricionales del paciente acorde a su estado clínico y peso. [1]

Área de Terapia Respiratoria

Se encarga del cuidado cardiorrespiratorio integral del paciente, cuidado que va de la mano con el soporte ventilatorio que se le da al paciente de cuidado intensivo por medio de un equipo de ventilación respiratoria, el cual se debe configurar con diferentes parámetros y entre ellos el peso del paciente, pero el peso corporal específicamente en las unidades de cuidado intensivo no siempre se puede medir de forma directa debido a la falta de instrumentos para tal fin y alestado de salud de los pacientes, por lo que la estimación subjetiva es un factor influyente.

En estos casos surge la necesidad de aplicar ecuaciones que permitan calcular el peso ideal, que no es un valor netamente real y puede traer consecuencias graves para el paciente. Siendo así una estimación inadecuada del peso ideal en pacientes críticos genera complicaciones asociadas a ventilación mecánica, debido a que las sub o sobreestimaciones de esta variable (peso), generan cálculos erróneos del volumen corriente que se va a programar en el ventilador mecánico; esto puede ocasionar lesiones pulmonares como volutrauma, barotrauma,

atelectrauma, activación de cascadas inflamatorias, aumento en la duración de ventilación mecánica y aumento de estancia en la UCI.[2]

Área Asistencial (Enfermería)

Su principal misión es proporcionar una atención óptima a los pacientes, la cual debe ser integral, a través de acciones de apoyo en la enfermedad, protección, suministro de medicamentos, fomento de salud y ayuda de reincorporación del paciente.

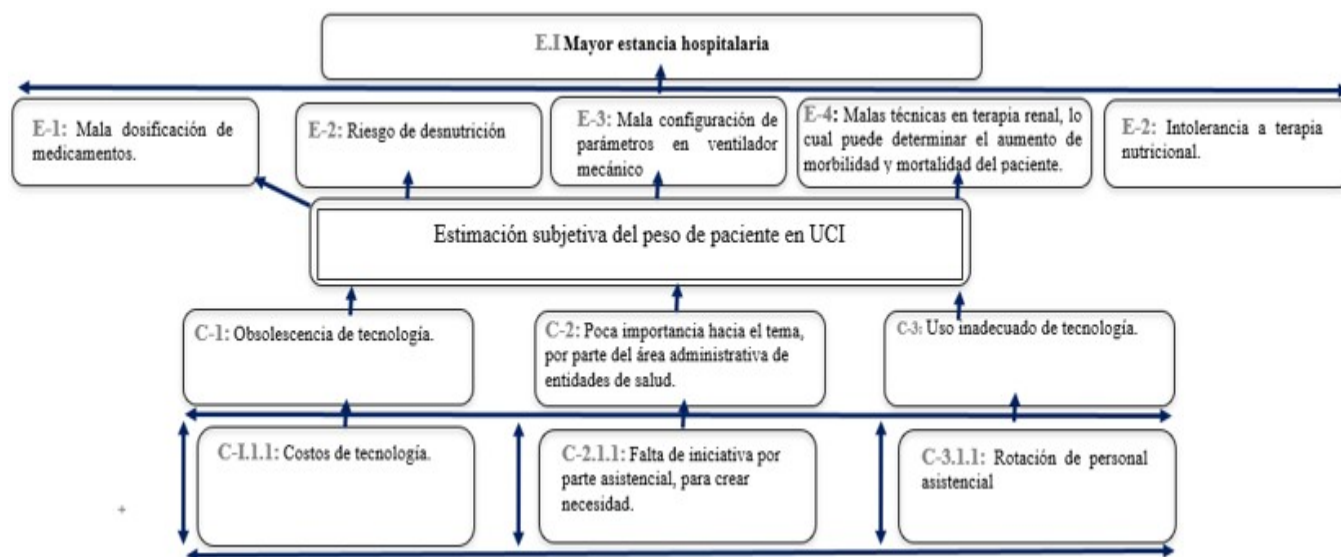
Es por esto por lo que el área de enfermería desde el tema de suministro de medicamentos se hace importante, porque se debe saber manejar adecuadamente la bomba de infusión, equipo que va a suministrar una dosis de medicamento con un tiempo y un volumen estipulado, de acuerdo con una programación inicial que como factor importante solicita el valor del peso del paciente, como se evidencia en la formula a continuación:

$$\mathbf{Dosis(mg)} = \text{Dosis fármaco(mg/Kg)} \times \text{Peso corporal (Kg)}$$

$$\mathbf{Dosis Diaria (mg)} = \text{Dosis fármaco(mg/Kg)} \times \text{Peso corporal (Kg)} \times \text{Fhr (n}^\circ \text{ veces/día)}$$

Por tal motivo si no se conoce el peso corporal del paciente de forma real, y por lo contrario se hace un cálculo subjetivo del mismo de forma errónea, va a conllevar a un mal cálculo de la dosis de medicamento, trayendo consecuencias al paciente, como complicaciones ajenas a su enfermedad de ingreso, mayor estancia hospitalaria o su posible muerte [3]

Figura 1

Árbol del Problema

Nota. Autoría Propia.

Justificación

El presente proyecto de grado se enfoca en abordar una problemática frecuente y preocupante en los centros de salud de tercer nivel y alta complejidad: la dificultad para realizar la medición precisa del peso de los pacientes. Basado en el conocimiento adquirido en el campo de la Ingeniería Electrónica y la experiencia de 11 años en el área de Gestión de Tecnología Biomédica en centros de salud de alta complejidad, se plantea la implementación de un prototipo de cama eléctrica con sistema de pesado de pacientes. A continuación, se exponen las razones que respaldan la importancia y relevancia de este proyecto:

Solución a una necesidad real: La dificultad para medir de forma precisa el peso de los pacientes es una problemática que se presenta diariamente en los centros de salud. La implementación de un sistema de pesado de pacientes en la cama eléctrica permitirá superar esta limitación y brindar una solución concreta a una necesidad existente en el ámbito clínico.

Mejora en la toma de decisiones clínicas: La medición precisa del peso es fundamental para la toma de decisiones clínicas adecuadas. Los datos de peso exactos permitirán ajustar parámetros en equipos biomédicos, calcular dosis de medicamentos de manera precisa y evaluar el estado nutricional de los pacientes de forma más acertada. Esto contribuirá a mejorar la calidad de atención y la seguridad en los tratamientos médicos.

Automatización y eficiencia operativa: El prototipo de cama eléctrica con sistema de pesado de pacientes propuesto busca automatizar el proceso de medición del peso, lo que reducirá la carga de trabajo del personal médico y de enfermería.

Desde el punto de vista tecnológico, el proyecto de grado busca abordar la problemática de medición precisa del peso de los pacientes en centros de salud complejos a través de la

implementación de un prototipo de cama eléctrica con sistema de pesado. La propuesta involucra conocimientos en Ingeniería Electrónica y aprovecha la experiencia en Tecnología Biomédica. La solución propuesta implica la integración de tecnologías para la automatización de la medición, lo que supone un avance en la mejora de la eficiencia y precisión en el ámbito clínico.

En términos financieros, el proyecto podría requerir una inversión inicial para la investigación, desarrollo y fabricación del prototipo de cama eléctrica con sistema de pesado. Sin embargo, en un análisis a largo plazo, la implementación exitosa podría traducirse en ahorros sustanciales para los centros de salud al reducir la necesidad de equipos de pesaje separados y ahorrar tiempo del personal de salud al automatizar el proceso de medición. La inversión se justifica al considerar los beneficios a largo plazo en términos de eficiencia y mejora en la toma de decisiones clínicas.

Desde el punto de vista de la salud, el proyecto aborda una necesidad real en los centros de salud: la medición precisa del peso de los pacientes. La solución propuesta contribuirá a mejorar la calidad de atención y la seguridad en los tratamientos médicos al permitir ajustar parámetros de equipos biomédicos, calcular dosis de medicamentos con precisión y evaluar el estado nutricional de los pacientes de manera más acertada. Además, la automatización del proceso de medición aliviará la carga de trabajo del personal médico y de enfermería, permitiéndoles enfocarse en otras tareas cruciales para el cuidado de los pacientes. En conjunto, el proyecto promueve la mejora de la atención clínica y el bienestar de los pacientes.

Objetivos

Objetivo General

Elaborar un prototipo electrónico de cama eléctrica intrahospitalaria, con un sistema de sensores piezoresistivos, que permita la captura del peso de un paciente, sin necesidad de movilizarlo

Objetivos Específicos

Documentar información relacionada con el tema mediante la consulta de fuentes primarias y secundarias.

Diseñar y elaborar los planos eléctricos, electrónicos y mecánicos mediante la utilización de software.

Construir el prototipo, una vez aprobados los planos, con el fin de visualizar el funcionamiento del dispositivo.

Realizar las pruebas necesarias para garantizar y verificar el buen funcionamiento del dispositivo, haciendo los respectivos ajustes.

Alcance Y Limitantes

Alcance

En el presente trabajo de grado se desarrolló un prototipo de cama eléctrica intrahospitalaria con un sistema electrónico de pesado de pacientes. En el trabajo se documenta la información necesaria para el desarrollo del prototipo, se diseñan y elaboran los planos eléctricos, electrónicos mediante la utilización de software, se define el presupuesto necesario para la implementación de la solución, así mismo se construye el prototipo con el fin de visualizar el funcionamiento del dispositivo, y se realizan las pruebas necesarias, permitiendo hacer los respectivos ajustes, se elabora plan de mejoras a corto y mediano plazo, se elabora listado de posibles fallas al momento de operar el prototipo, con sus posibles soluciones, se elabora lista de chequeo para desarrollo de mantenimiento predictivo y protocolo para realizar mantenimiento preventivo.

Limitantes

Para la formulación de la propuesta y posterior ejecución de esta se vislumbran las siguientes limitantes:

Recursos Económicos

Si se piensa desarrollar el prototipo a gran escala e implementar el presente proyecto en una cama eléctrica intrahospitalaria con medidas y pesos reales, el presupuesto que sea aprobado podría modificar las características técnicas de los dispositivos electrónicos a usar, y esto se debe a que se podrían cambiar componentes electrónicos debido a su alto valor en el mercado.

Recursos Técnicos

Limitación en la precisión de los sensores: La precisión y exactitud de los sensores piezoresistivos utilizados para la captura del peso pueden verse afectadas por diversos factores, como el desgaste del material, la calibración inadecuada. Estas limitaciones podrían afectar la precisión de las mediciones y requerir ajustes y calibraciones periódicas para mantener la exactitud del sistema.

Limitación en la Adaptabilidad a Diferentes Tipos de Camas

El diseño y desarrollo del prototipo de cama eléctrica con sistema de pesado de pacientes puede enfrentar limitaciones en cuanto a su adaptabilidad a diferentes tipos y modelos de camas existentes en los centros de salud. Cada cama puede tener características específicas que podrían dificultar la integración del sistema de pesado, como espacios limitados, sistemas de control diferentes o estructuras de cama incompatibles con la implementación del sistema propuesto. Por lo tanto, podría ser necesario considerar la personalización o adaptación del prototipo para cada tipo de cama, lo que implicaría un mayor tiempo y esfuerzo en el desarrollo y la implementación.

Compromisos de Entrega al Finalizar el Proyecto

Prototipo Funcional

Se entregará un prototipo de cama eléctrica intrahospitalaria con sistema electrónico de pesado de pacientes completamente funcional. Esto incluirá la integración del sistema de pesado con la cama eléctrica y la verificación de su correcto funcionamiento.

Documentación Detallada

Se proporcionará una documentación exhaustiva que incluirá la información necesaria para replicar el prototipo. Esto abarcará los planos eléctricos y electrónicos generados con software, listas de componentes, conexiones y esquemas, permitiendo una comprensión completa del diseño.

Plan de Mejoras a Corto y Mediano Plazo

Se proporcionará un plan detallado que identifique áreas de mejora y desarrollo futuro. Esto permitirá una evolución continua del prototipo para abordar posibles limitaciones y agregar nuevas características.

Lista de Posibles Fallas y Soluciones

Se entregará una lista de posibles fallas que podrían surgir durante la operación del prototipo, acompañada de sus respectivas soluciones. Esto facilitará el diagnóstico y la resolución eficiente de problemas en el futuro.

Lista de Chequeo para Mantenimiento Predictivo

Se proporcionará una lista de chequeo para la realización de mantenimiento predictivo, lo que permitirá identificar y prevenir problemas potenciales antes de que afecten el funcionamiento del prototipo.

Protocolo de Mantenimiento Preventivo

Se entregará un protocolo detallado que establezca los procedimientos necesarios para el mantenimiento preventivo del prototipo. Esto garantizará su prolongada vida útil y un rendimiento constante.

Metodología

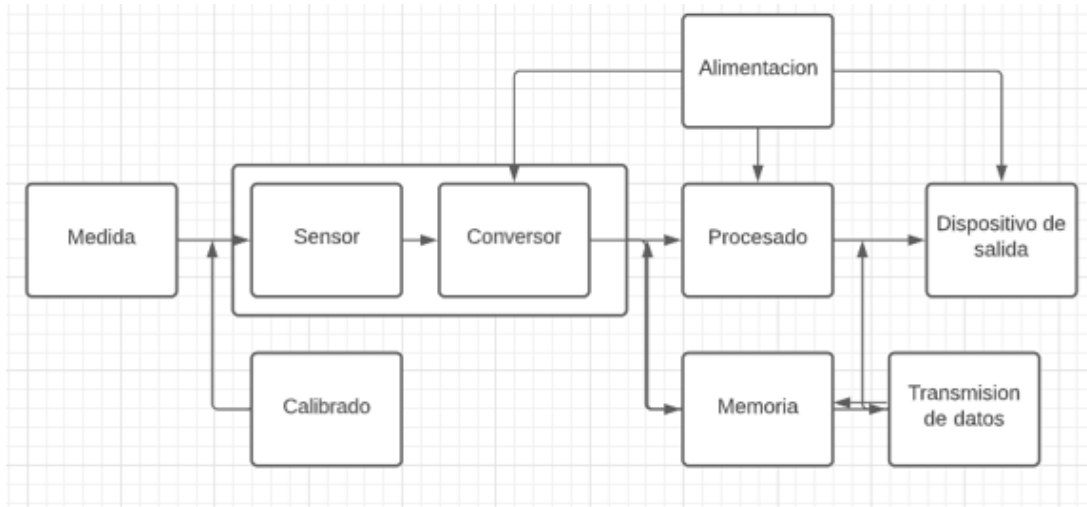
El presente proyecto va enfocado en un tema preocupante, que se da a diario en los centros de salud, como lo es el determinar el peso de los pacientes, es por esto por lo que, desde el área de la Ingeniería en Electrónica, debido al conocimiento adquirido durante el estudio de la carrera, y la experiencia propia en centros de salud de alta complejidad ya durante 11 años, haciendo parte del área de Gestión de Tecnología Biomédica, se plantea la idea de implementar un prototipo, de cama eléctrica con sistema de pesado de pacientes.

En este proyecto académico se emplea el enfoque de investigación aplicada, dado que se requiere de una combinación entre el conocimiento teórico y práctico para obtener los resultados esperados. Asimismo, si surge alguna dificultad, se buscarán soluciones que permitan llevar a cabo el proyecto de grado.

Para el desarrollo del proyecto se desarrollaron secuencialmente cada una de las etapas requeridas, para la puesta en funcionamiento del prototipo, las cuales son descritas a continuación, por la siguiente gráfica.

Figura 2

Esquema General del Prototipo



Nota. Autoría Propia.

Documentar Información Relacionada Con el Proyecto

A continuación, se describe principio de funcionamiento de cada uno de los componentes electrónicos que harán parte del prototipo de acuerdo con la gráfica anterior:

Medida

Es la magnitud física que el sistema mide, en este caso el peso del paciente en la Unidad de Cuidado Intensivo.

Sensor

Dispositivo electrónico que convertirá la medida física en la señal eléctrica.

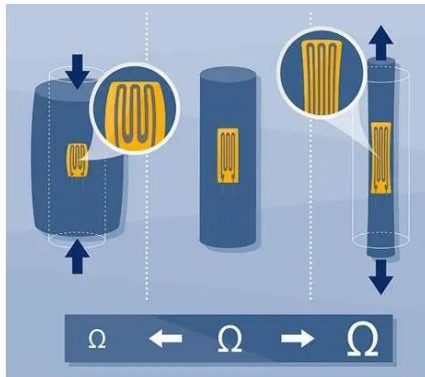
En este diseño se utilizarán galgas extensométricas, configuradas en puente de Wheatstone.

Definición Galga Extensométrica

Las galgas extensométricas consisten normalmente en una lámina y un conductor eléctrico; y su base está hecha de una lámina de poliamida, sobre la cual se aplica una capa de Constantán. El Constantán es una aleación generalmente formada por un 55 % de cobre y un 45 % de níquel (Cu55Ni45) y se caracteriza por tener una resistencia eléctrica constante en un amplio intervalo de temperatura. Posteriormente, se utiliza una plantilla para eliminar por decapado todas las zonas que no se desea que sean conductoras. Resultando en una rejilla de medición de Constantán extremadamente delgada, unida de forma permanente a la lámina portadora. Esta rejilla de medición consiste en una “banda” con forma sinuosa, con el aspecto de un serpentín.

Figura 3

Esquema General Galga Extensiométrica



Nota. (Fuente <https://midebien.com/que-son-y-para-que-sirven-las-galgas-extensiométricas/>)

“Una galga extensiométrica mide la deformación, pero lo que realmente nos interesa es la tensión mecánica”. La tensión mecánica describe el modo en cómo se ejercen las fuerzas — internas y externas— sobre un material. Los factores más importantes para determinar la tensión mecánica son:

los puntos en los que las fuerzas actúan sobre el material y la intensidad de las fuerzas.

Estos estudios entran dentro de un campo de aplicación que se denomina análisis experimental de tensiones.

Las galgas extensiométricas generalmente se fijan sobre varios puntos del material bajo prueba y se conectan mediante un cable a un amplificador de señal. Si la galga se estira o comprime; la resistencia eléctrica de la rejilla de medición cambia. La razón de esto es que cuando la rejilla se estira la corriente tiene que viajar una mayor distancia y el conductor por el que fluye

también se vuelve más delgado, incrementando la resistencia. Debido a este cambio en la resistencia la deformación en la galga puede ser determinada y es expresada en $\mu\text{m}/\text{m}$. La deformación también puede referirse a la compresión, en otras palabras, tensión negativa. En este caso, la resistencia se reduce proporcionalmente.

Coefficiente de Temperatura del Material

Cuando la temperatura ambiente cambia también afecta al material. Este cambio es determinado por el coeficiente de temperatura. Por ejemplo; cuando un cilindro de acero se calienta éste se expande al igual que la galga extensiométrica que está adherida al cilindro. Esta tensión de material dependiente de la temperatura es precisamente lo que no se quiere medir. Para compensar este efecto, las galgas extensiométricas se adaptan a un material específico y se desarrollan de tal forma que presente exactamente un comportamiento de temperatura opuesto. Al final ambos efectos se equilibran, compensando así la deformación del material, de tal forma que la galga mide solamente lo que se desea medir. Esto se conoce como una galga extensiométrica auto compensada o galga extensiométrica con respuesta de temperatura adaptada.

Módulo de Elasticidad o Módulo de *Young*

Cuando un material es sometido a una carga, éste muestra una tensión mecánica, que es la fuerza dividida sobre el área del material. Pero ¿cómo se relaciona con la deformación que se registra con una galga extensiométrica? Es posible definir esta correlación en forma de una curva característica para diferentes materiales, esto se hace sometiendo muestras de materiales a cargas bajo condiciones controladas. Como regla general, una mayor tensión mecánica corresponde a un aumento de la deformación.

Inicialmente, esta correlación es lineal y se conoce como intervalo elástico y la

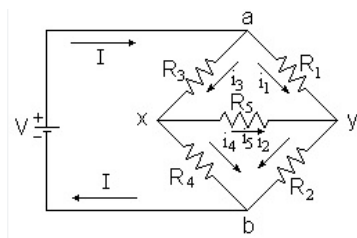
correlación se describe por el módulo de elasticidad. Sin embargo, después de un cierto punto, el material es deformado a tal fuerza que ya no es capaz de volver a su condición original. Esta deformación plástica continúa hasta que el material se rompe. Solo el intervalo lineal, en donde no se produce deformación plástica, es de interés para el análisis de esfuerzo experimental. Si se conoce el módulo de elasticidad de un material dado, se puede determinar el esfuerzo mecánico basado en la deformación: Este es el objetivo de las mediciones de las galgas extensiométricas.

Configuración de Galgas Extensométricas en Puente de *Wheatstone*

En sensores resistivos en los que solo se presentan pequeñas variaciones de resistencia, es necesario utilizar circuitos auxiliares para su instrumentación, a fin de permitir una buena sensibilidad al instrumento de medida. En el caso de instrumentación de deformación, donde las variaciones de resistencia de las galgas extensométricas son mínimas, se utiliza el circuito de puente de Wheatstone. Este circuito permite determinar el valor de una resistencia desconocida a través del balance del circuito, permitiendo realizar mediciones con gran precisión. El circuito genérico del Puente de Wheatstone es tal como se muestra en la siguiente Figura:

Figura 4

Esquema General Puente Wheatstone



Nota. (Fuente <https://apuntesingenieriaelectrica.blogspot.com/2017/06/indique-en-que-se-aplica-el-circuito.html/>)

Donde R_1 , R_2 , R_3 y R_4 son resistencias, V_{ex} es una fuente de alimentación de corriente continua y V es un voltímetro. Aplicando la primera ley de Kirchhoff se obtiene una relación entre la tensión de alimentación V_{ex} , la tensión leída por el voltímetro V y los valores de las resistencias.

Fórmulas

$$V = \left(\frac{R3}{R3 + R4} - \frac{R2}{R1 + R2} \right) * V_{ex}$$

El circuito de puente de Wheatstone puede ser del tipo de un cuarto, medio o puente completo, según el número de transductores y la precisión requerida. Su principio de funcionamiento se basa en el equilibrio de tensión entre los dos brazos del circuito. Para tener equilibrio de voltaje, $V = 0$, se debe satisfacer la siguiente ecuación.

$$\frac{R1}{R2} = \frac{R4}{R3}$$

Conversión A/D Ref. HX711

Basado en la tecnología patentada de Avia Semiconductor tecnología, HX711 es un convertidor analógico a digital (ADC) de precisión de 24 bits diseñado para pesar básculas y aplicaciones de control industrial para interfaz directamente con un sensor de puente. El multiplexor de entrada selecciona el Canal A o entrada diferencial B a la de bajo ruido amplificador de ganancia programable (PGA). Canal A se puede programar con una ganancia de 128 o 64, correspondiente a una entrada diferencial de escala completa tensión de $\pm 20\text{mV}$ o $\pm 40\text{mV}$ respectivamente, cuando un suministro de 5V está conectado a la alimentación analógica AVDD pasador de suministro El canal B tiene una ganancia fijada 32. El regulador de fuente de alimentación Onchip elimina la necesidad para un regulador de suministro externo para proporcionar energía para el ADC y el sensor. La entrada del reloj es flexible. Puede ser de una fuente de reloj externa, un cristal, o el oscilador en chip que no requiere ningún componente externo. El circuito de reinicio de encendido en chip simplifica la interfaz digital inicialización

No se necesita programación para los registros internos. Todos los controles del HX711 están a través de los pines.

Es compatible con las celdas de carga de 1kg, 5kg, 20kg y 50kg. Utilizado en sistemas de medición automatizada, procesos industriales, industria médica. Se comunica con el microcontrolador por medio de una interfaz serial de 2 pines (*Clock* y *Data*) similar al I2C. Las celdas de carga están formadas por galgas extensiométricas en configuración de puente Wheatstone. Para conectar una celda de carga al módulo HX711 son necesarios 4 cables, los colores utilizados habitualmente son Rojo, Negro, Blanco y Verde. Cada color corresponde a una señal como se muestra a continuación:

Rojo: Voltaje de excitación +, E+, VCC

Negro: Voltaje de excitación -, E-, GND

Verde: Amplificador -, Señal -, A-

Blanco: Amplificador +, Señal +, A+

Voltaje de operación: 5V DC

Consumo de corriente: menor a 10mA

Voltaje de entrada diferencial: $\pm 40\text{mV}$

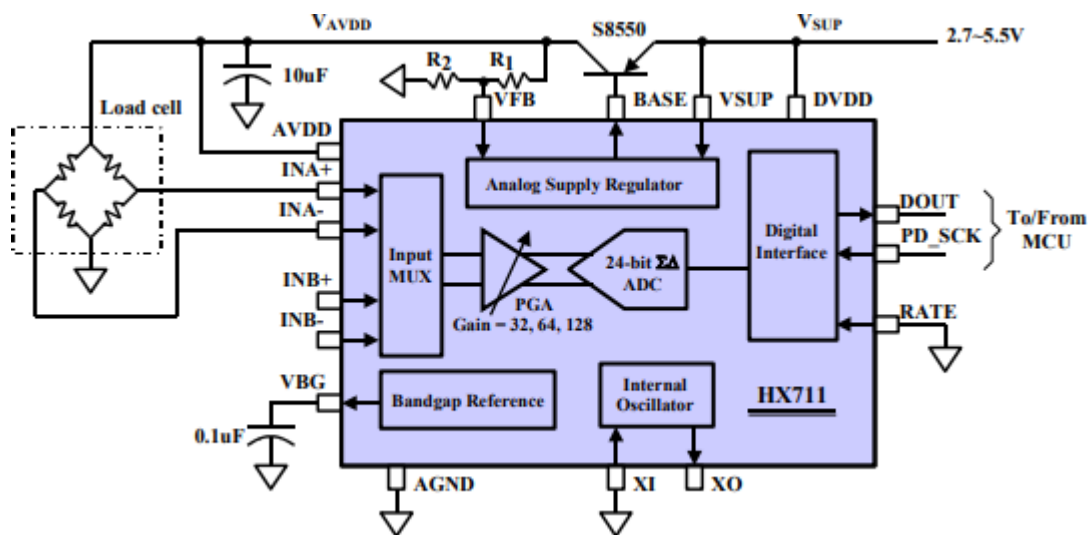
Resolución conversión A/D: 24 bit (16777216 cuentas)

Frecuencia de lectura: 80 Hz

Dimensiones: 38*21*10 mm

Figura 5

Esquema General Conversor A/D HX711



Nota. (Fuente <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132222/AVIA/HX711.html>)

Procesado de Información, Calibración, y Memoria

Estos tres ítems se determinarán por medio del dispositivo electrónico Arduino uno, el cual cuenta con microcontrolador propio, con el fin de administrar señales de entrada y salida del sistema electrónico, así mismo del almacenamiento del software para determinar el peso del paciente y el manejo de control de motores DC, para los movimientos de la cama, el proceso de calibración del sistema se hará por software.

Arduino Uno

Arduino es una plataforma de electrónica cuya principal característica es que pretende facilitar el uso de la electrónica en todo tipo de proyectos y se fundamenta en la filosofía del software libre y el código abierto. Se trata de una placa con un microcontrolador que se puede combinar con un amplio entorno de desarrollo.

Software Multiplataforma: Puede trabajar en todas las plataformas (Mac, Windows, Linux).

Asequible: Muy bajo costo

Entorno de programación simple y directo.

Sencillez: Es muy fácil duplicar y modificar las placas y además es legal, al ser *open – sourcehardware*, bajo licencia *Creative Commons* puedes reunir los componentes y crearte tu propia placa, no pudiendo en este caso llamarla Arduino, nombre registrado para las originales producidas en Italia.

Flexible: Añadirle *shields* (módulos) en función del uso que se le vaya a requerir (conexión a Internet, control de motores, etc.) es muy fácil, y dispones de una gran cantidad de ellos para su compra *online*.

Software ampliable y de código abierto, bajo licencia *Creative Commons*.

Conexiones de Entrada: A través de sensores conectados en los pines de entrada, Arduino recibe datos del exterior (entorno).

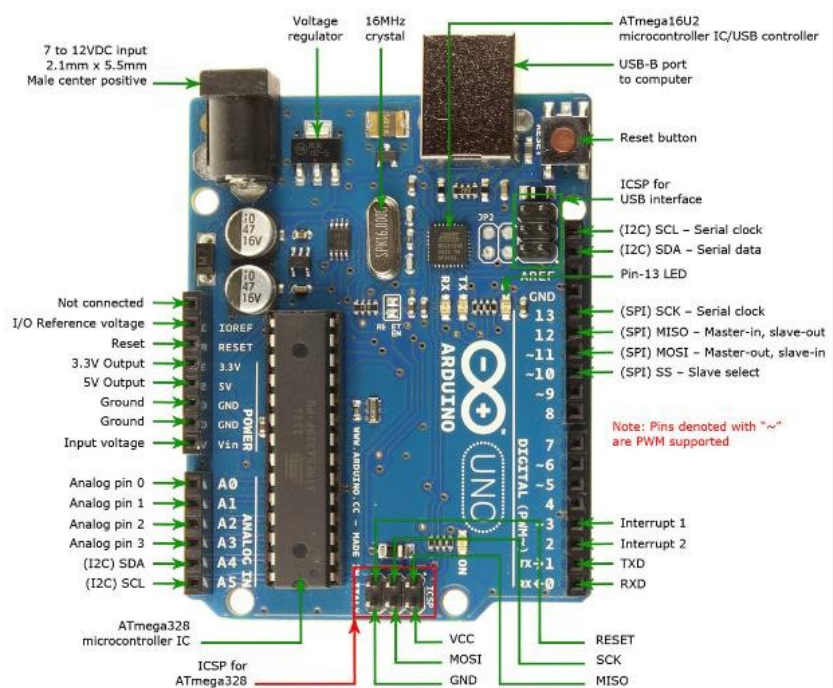
Microcontrolador: Es el cerebro de Arduino, con los datos recibidos del entorno (conexiones de entrada) es donde, a través del lenguaje de programación (*open source* y con una curva de aprendizaje rápida), se le dice cómo interpretar la información, qué parámetros buscar y comparar, y por último, qué acciones tomar a modo de respuesta.

Conexiones de Salida: Dependiendo del proyecto en el que esté trabajando, y en función de las órdenes que le hayan dado programando el microcontrolador, Arduino puede conectarse con diversos actuadores (relés, pantallas, motores), y sistemas lógicos (otras placas, ordenadores), para provocar la respuesta que se necesita.

Comunicaciones: Puertos de comunicación del microcontrolador para conectar con elementos externos.

Figura 6

Esquema General Arduino Uno



Nota. (Fuente <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/esquemas-electricos/>)

Transmisión de Datos por Medio de Modulo Adaptador LCD A I2C

El Módulo adaptador LCD a I2C está basado en el controlador I2C PCF8574, el cual es un Expansor de Entradas y Salidas digitales controlado por I2C. Por el diseño del PCB este módulo se usa especialmente para controlar un LCD Alfanumérico, por medio de este módulo se envía la información del Arduino hacia el LCD con el fin de multiplexar las entradas de este.

Figura 7

Esquema General Conexiones de Modulo I2C PCF8574

Esquema de conexión:



Nota. (Fuente http://www.handson tec.com/dataspecs/module/I2C_1602_LCD.pdf)

I2C es un protocolo síncrono, usa solo 2 cables, uno para el reloj (SCL) y otro para el dato (SDA). Esto significa que el maestro y el esclavo envían datos por el mismo cable, el cual es controlado por el maestro, que crea la señal de reloj. I2C no utiliza selección de esclavo, sino direccionamiento. I2C es un bus de comunicaciones en serie. Su nombre viene de *Inter-Integrated Circuit* (Inter-Circuitos Integrados). La versión 1.0 data del año 1992 y la versión 2.1 del año 2000, su diseñador es Philips. La velocidad es de 100 kbit/s en el modo estándar, aunque también permite velocidades de 3.4 Mbit/s. Es un bus muy usado en la industria, principalmente para comunicar microcontroladores y sus periféricos en sistemas integrados (*Embedded Systems*) y generalizando más para comunicar circuitos integrados entre sí que normalmente residen en un mismo circuito impreso.

La principal característica de I2C es que utiliza dos líneas para transmitir la información: una para los datos y otra para la señal de reloj. También es necesaria una tercera línea, pero esta sólo es la referencia (masa). Como suelen comunicarse circuitos en una misma placa que comparten una misma masa esta tercera línea no suele ser necesaria.

Las líneas se llaman:

SDA: datos SCL: reloj GND: tierra

Los dispositivos conectados al bus I2C tienen una dirección única para cada uno.

También pueden ser maestros o esclavos. El dispositivo maestro inicia la transferencia de datos y además genera la señal de reloj, pero no es necesario que el maestro sea siempre el mismo dispositivo, esta característica se les pueden ir pasando los dispositivos que tengan esa capacidad. Esta característica hace que al bus I2C se le denomine bus multi-maestro.

Dispositivo de Salida LCD 16 X 2

Se refiere a un pequeño dispositivo con pantalla de cristal líquido que cuenta con dos filas, de dieciséis caracteres cada una, que se utiliza para mostrar información, por lo general alfanumérica. Las capacidades de estos dispositivos son altas, pues se puede mostrar todo tipo de información sin importar qué tipo de símbolos o caracteres sean, el idioma o el lenguaje, pues el sistema puede mostrar cualquier carácter alfanumérico, símbolos y algunas figuras, el número de píxeles que tiene cada símbolo o carácter varía dependiendo del modelo del dispositivo y cada artefacto está controlado por un microcontrolador que está programado para dirigir el funcionamiento y la imagen mostrada en la pantalla.

Para Movimiento de Cabecera y Piecero de Cama Eléctrica

Se tendrán dos motores DC de 9v, loscuales se controlará su sentido de giro, por medio del *driver* en conexión puente H referencia L298N.

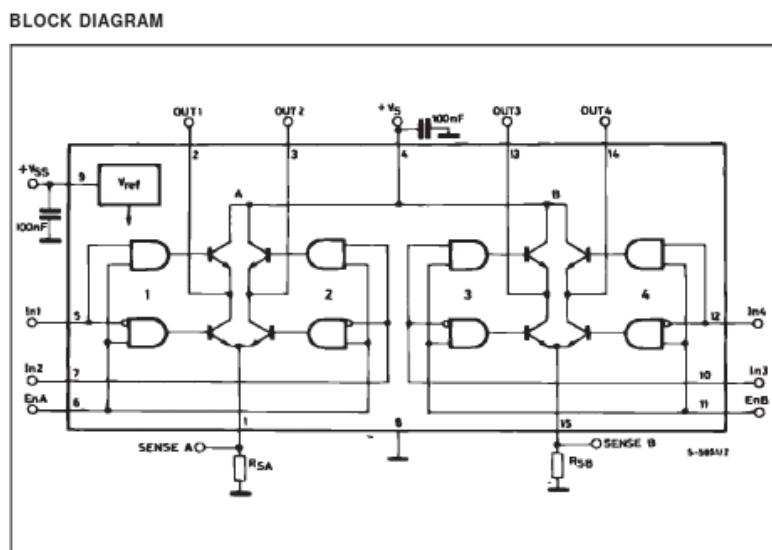
El L298N es un controlador de motores, que permite encender y controlar dos motores de corrientecontinua desde Arduino, variando tanto la dirección como la velocidad de giro.

Básicamente un L298Nconsiste en dos puentes-H, uno para la salida A y otro para la salida B.

Un puente-H es un componente ampliamente utilizado en electrónica para alimentar una carga de forma que se puede invertir el sentido de la corriente que le atraviesa. Internamente un puente-H es unaformación de 4 transistores, conectados entre V_{cc} y GND , con la carga a alimentar entre ellos.

Figura 8

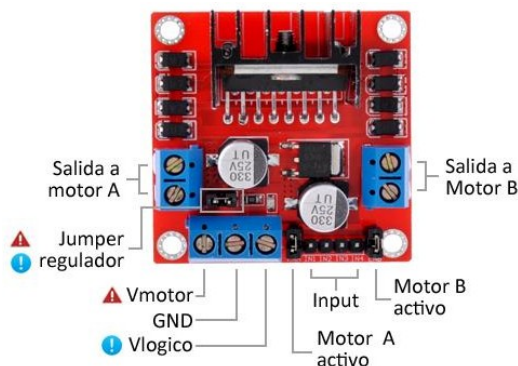
Diagrama de Bloques Puente H.



Nota. (Fuente <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/SobreL298.pdf>)

Figura 9

Circuito Electrónico Puente H, L298N



Nota. (Fuente <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/SobreL298.pdf>)

Teniendo en cuenta la información anterior frente a algunos de los trabajos relacionados con el tema objeto del presente proyecto, la literatura especializada refiere los siguientes:

Joson-Care Enterprise Co. Ltd. se estableció en el año 2000. La línea principal es la cama de hospital y el equipo médico. Es el fabricante de camas de hospital más experimentado y profesional con una excelente reputación en Taiwán. Sus productos están hechos en un proceso de control de calidad muy estricto para asegurar precisión, resistencia y confiabilidad con precios competitivos. Se encuentran certificados en ISO-13485, LVD, EMC, FDA y CE, afianzando su nueva filosofía de alta calidad, buen servicio al cliente e innovación tecnológica.

Actualmente en el mercado tienen una cama eléctrica, referencia ES-12DW que, dentro de algunas bondades de más, cuenta con sistema de peso de pacientes, con las siguientes características:

Sistema de escala de peso:

Unidad de medida mínima: 100 gramos Capacidad de peso: 0-250 Kg

Modo de espera: Y

Modo de monitor de paciente: Alarma de baja del paciente, alarma de variación de peso, alarmade prevención de caídas.

Metaxsac. (2015). Empresa Peruana, con más de 40 años de experiencia en la fabricación de EquipoBiomédico, Mobiliario Hospitalario e Institucional, cuenta con una infraestructura moderna, y equipo humano calificado. Ofrece productos personalizados, con diseño modernos y seguro, basado en las necesidades de los usuarios. Lo que permite garantizar el bienestar y confort para todos los usuarios.

Actualmente tiene en el mercado una cama eléctrica premium para UCI con balanza referencia VITApeso-IC10, con las siguientes características:

Estructura de acero LAF protegida por una carcasa termoformada de poliestireno de alto impacto, con sistema de freno centralizado con dos accionadores, y balanza integrada, el sistema de balanza incluye 4 celdas de carga que permiten medir el peso del paciente y tiene una precion de +/- 200 g.

MEQ (2018). Representa La báscula electrónica seca 984 de seca para cama y diálisis siendo una solución para el pesaje de aquellos pacientes confinados a una cama y en estado crítico que no puedensubir independientemente a una báscula. La seca 984 tiene una capacidad de carga máxima de 500 kg,que permite el pesaje y el control de pacientes bariátricos con un peso hasta de 250 kg. Hasta los 200 kg, el peso es indicado con divisiones de 100 g y de ahí en adelante con divisiones de 200 g, lo cual esimportante para la detección oportuna de variaciones mínimas del peso, y tiene las siguientes características:

Capacidad: 500 Kg /1100 libras

Peso máx. del paciente: 250 KgGraduación: 100 g

Funciones: TARA, pre-TARA, *HOLD*, BMI, límite, valor, conmutación Kg/lb,

amortiguación.

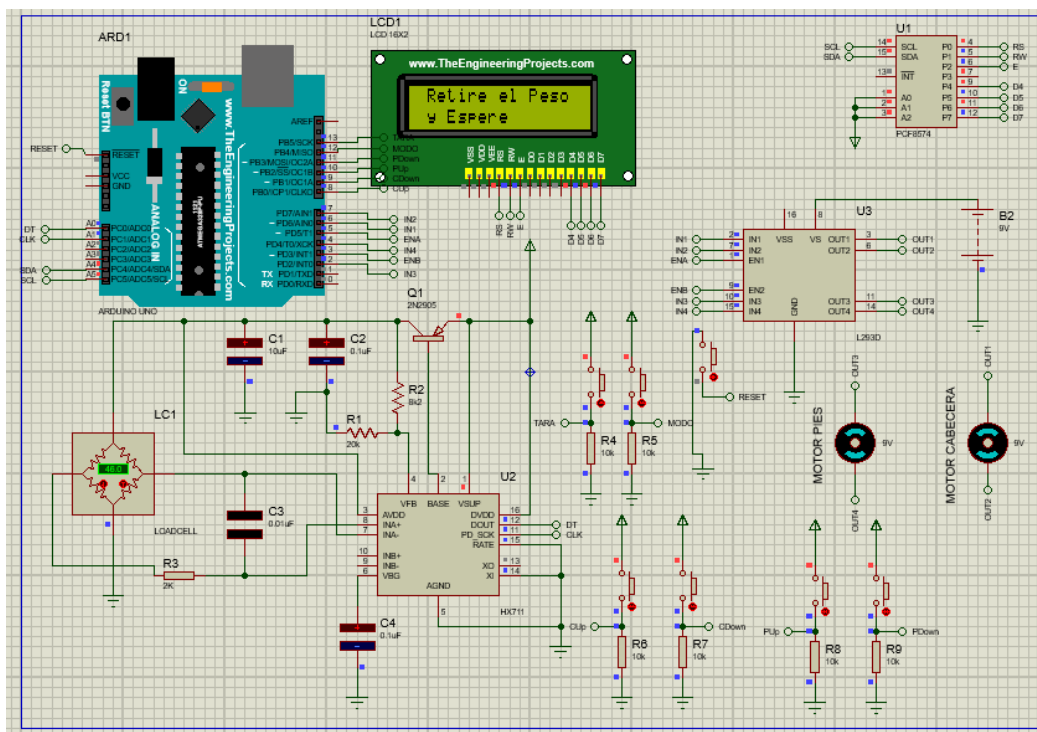
El prototipo desarrollado como trabajo de grado presenta una notable diferencia en comparación con otros dispositivos similares en el mercado. Esto se debe a la utilización de dispositivos electrónicos fácilmente disponibles, lo que contribuye al buen funcionamiento del sistema y garantiza una alta precisión al verificar el peso. Esta característica es de suma importancia, ya que, si se logra escalar el desarrollo de este prototipo a gran escala, podría implementarse en camas eléctricas de tamaño estándar utilizadas en centros de salud. Además, este enfoque puede resultar más rentable en términos de costos de desarrollo en comparación con las soluciones ofrecidas por las empresas previamente mencionadas. En resumen, el prototipo destaca por su accesibilidad, rendimiento y potencial para satisfacer las necesidades del mercado de manera más económica

Diseño y Elaboración, Planos, Eléctricos, Mecánicos Y Electrónicos En Software.

Plano general en programa Proteus de sistema de pesado de paciente y control de movimientos de cama.

Figura 10

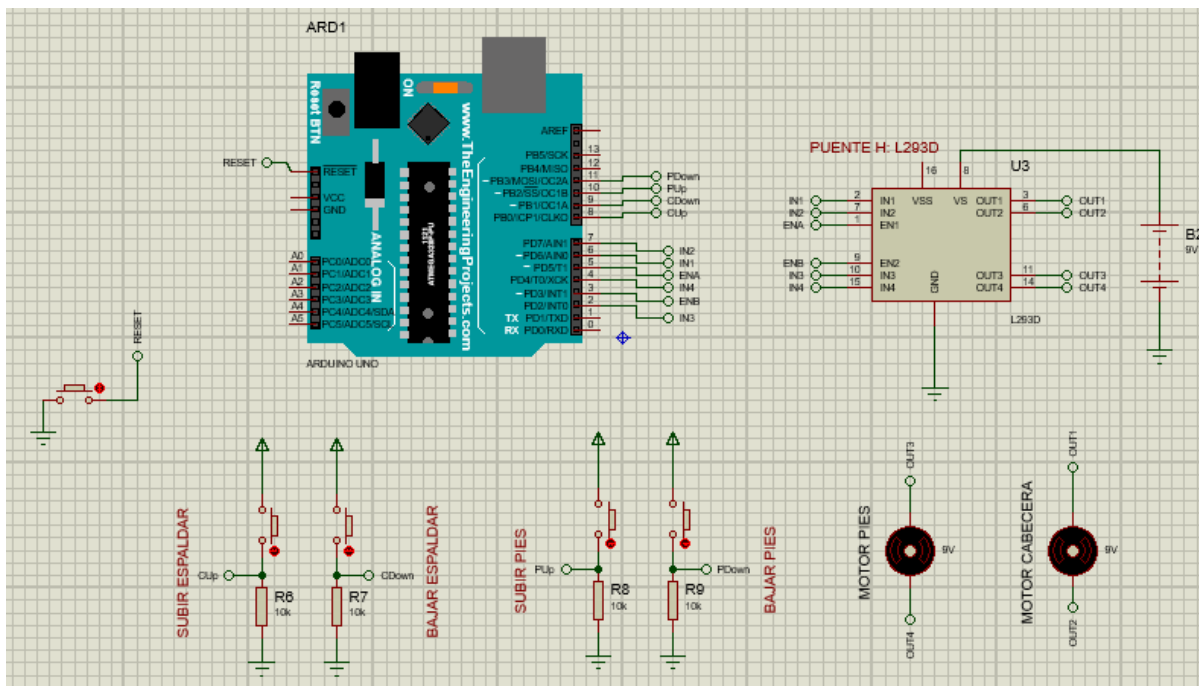
Plano General en Proteus del Prototipo.



Nota. Autoría Propia.

Figura 11

Plano de Etapa de Potencia en Proteus.



Nota. Autoría Propia.

En la gráfica anterior se muestran las conexiones entre control, el puente H y el Arduino uno. Estas conexiones son necesarias para controlar los movimientos del espaldar y los pies de la cama, que se describen a continuación:

Tabla 1*Conexiones Digitales de Control, Puente H y Arduino Uno.*

Pulsador	Conexión al Arduino	Pin del Arduino	Puente H	Conexión al Arduino	Pin del Arduino
Subir Espaldar	CUp	8	Subir Espaldar	IN2	7
Bajar Espaldar	CDown	9	Bajar Espaldar	IN1	6
Subir Pies	PUp	10	Subir Pies	IN4	4
Bajar Pies	PDown	11	Bajar Pies.	IN3	2

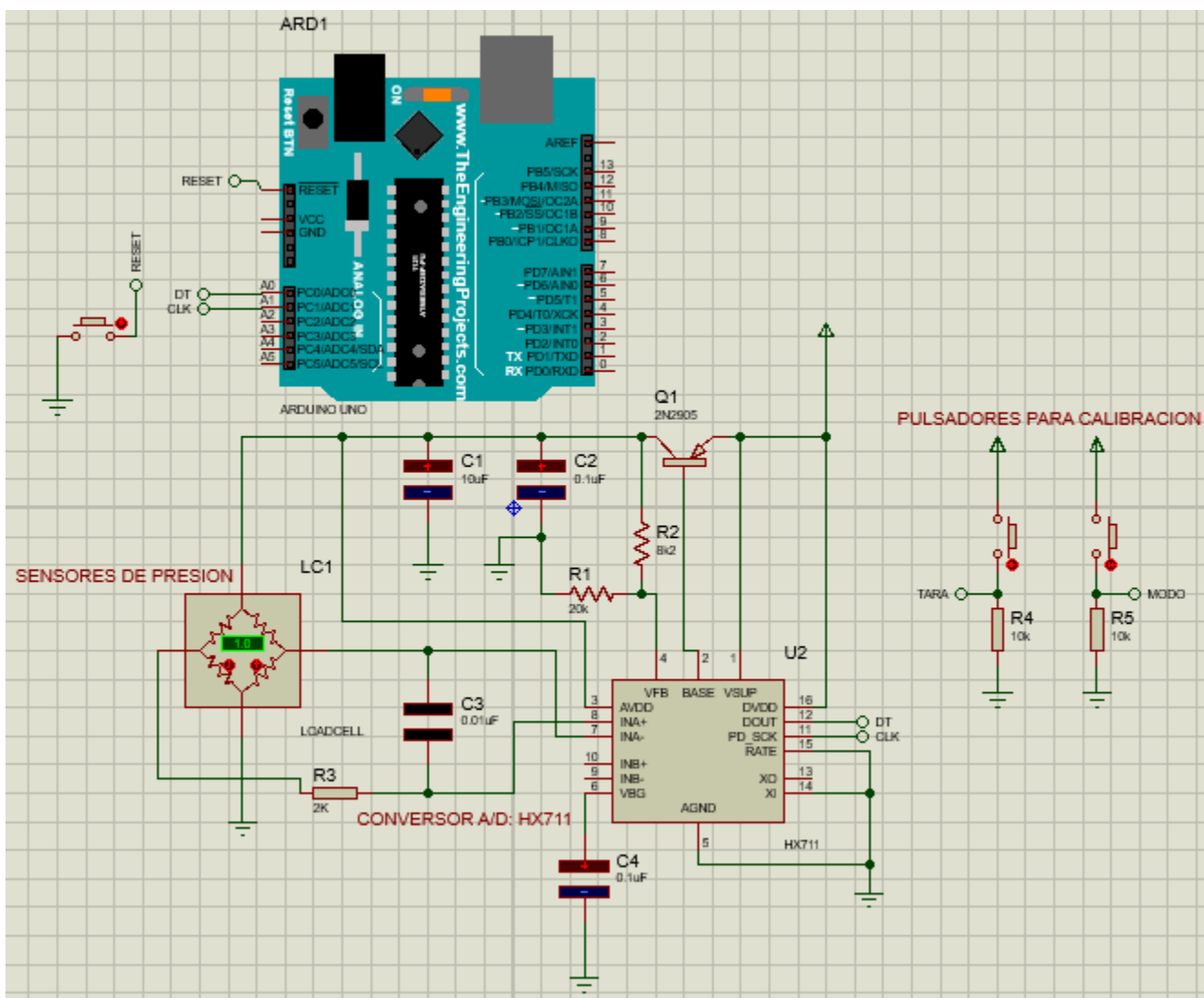
Nota. Autoría Propia.

Se presenta plano en proteus que muestra las conexiones de los sensores de presión en un puente Wheatstone, conversor A/D y pulsadores utilizados para acceder al menú de calibración.

Este diseño técnico permite obtener mediciones precisas del peso del paciente, ajustar parámetros y garantizar un control óptimo del sistema.

Figura 12

Etapas de Conversión A/D, Calibración y Sensado de Peso de Paciente en Proteus.

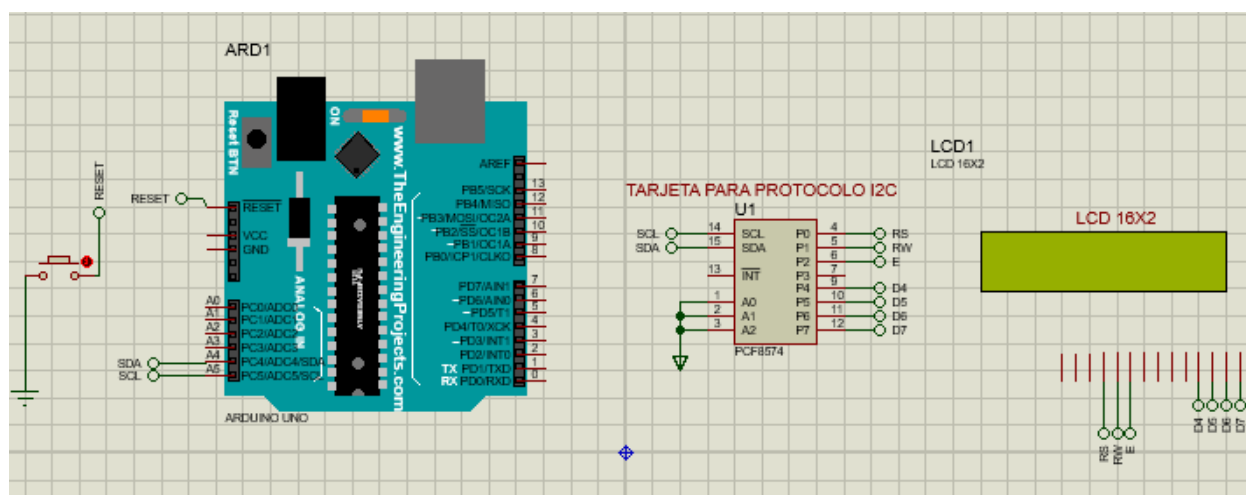


Nota. Autoría Propia.

El sistema de visualización utiliza el circuito integrado PCF8574 y una pantalla LCD 16x2, controlados por un Arduino Uno. El PCF8574 se utiliza como un expensor de puertos I/O controlado por I2C, permitiendo la conexión de la pantalla LCD al microcontrolador utilizando solo dos cables para la comunicación en bus I2C.

Figura 13

Plano en Proteus, Sistema de Visualización.



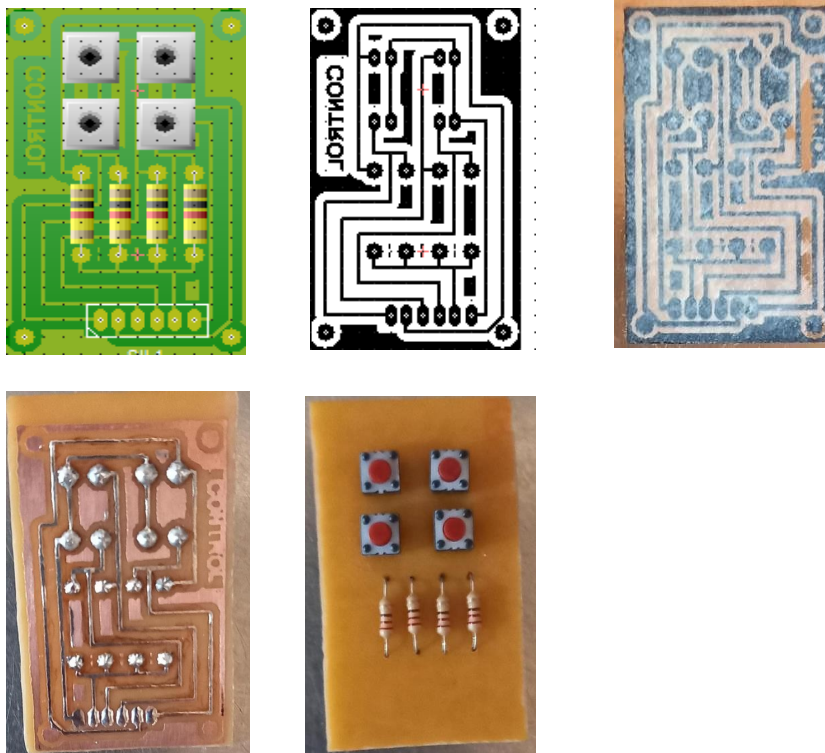
Nota. Autoría Propia.

Diseño Tarjeta PCB

A continuación, se evidencia plano de control para movimientos de cama, desarrollado en LiveWire PCB:

Figura 14

Esquema General Control de Movimientos del Prototipo.



Nota. Autoría Propia.

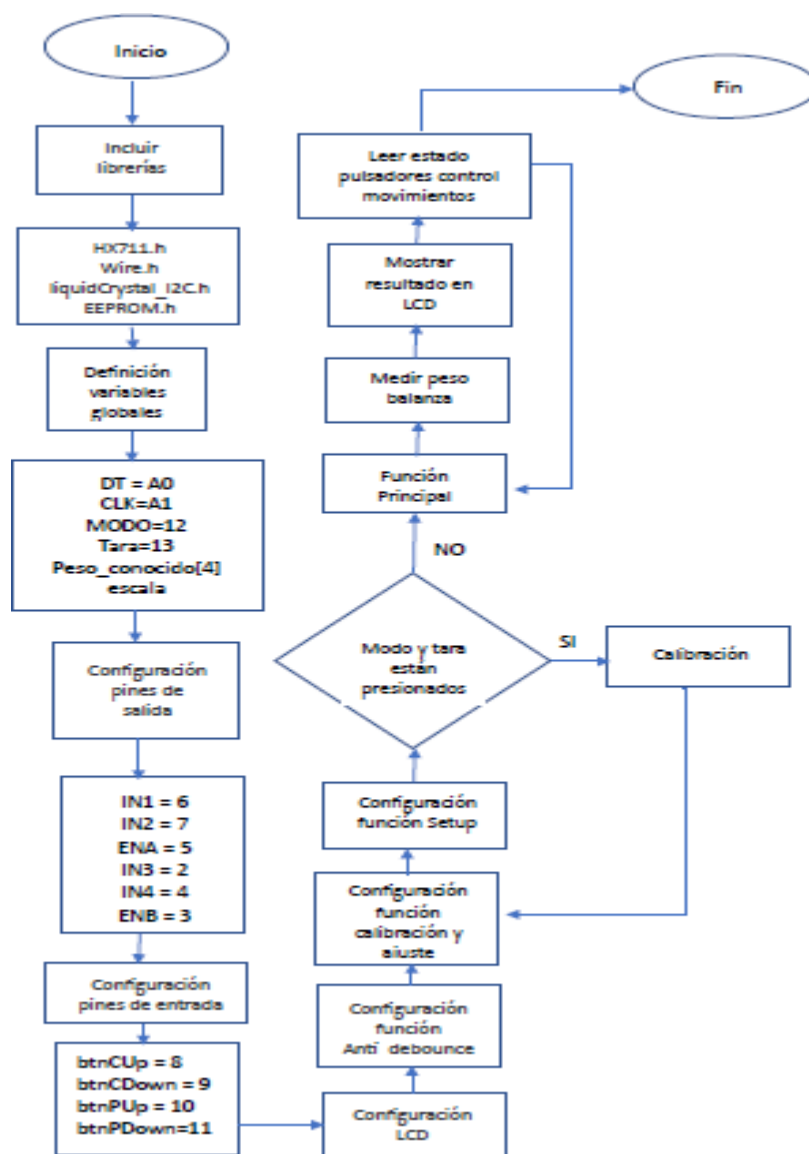
Explicación de la Simulación

Explicacion_Proyecto_Parte_1: <https://youtu.be/-vFOB97nttk>

Explicacion_Proyecto_Parte_2: <https://youtu.be/Adv5pNp0WMQ>

Figura 15

Diagrama de Flujo Programación del Prototipo.



Nota. Autoría Propia.

Construcción del Prototipo Visualizando Funcionamiento.

A continuación, por medio de las siguientes fotografías se evidencia, como se fue construyendo la cama y el circuito electrónico.

En la presente imagen de derecha a izquierda, se logra identificar el Arduino uno, que será el encargado de controlar y alimentar los demás dispositivos y tomar las decisiones de acuerdo con el programa instalado en él, en la mitad de la imagen en la parte superior de color verde se logra evidenciar el conversor A/D HX711, que interactúa con la medida recibida del puente *Wheatstone* y posteriormente envía la señal al pin de conversión A/D del Arduino, en la mitad de la imagen en la parte inferior se visualiza el puente H, que será el encargado de la manipulación de los motores para los movimientos de la cabecera y piecero del dispositivo, a la izquierda de la imagen se visualiza una batería de 9V, con la cual se alimentara los motores de los respectivos movimientos.

Figura 16

Esquema General Tarjetas Electrónicas del Prototipo.



Nota. Autoría Propia.

En la siguiente imagen se visualiza el prototipo de la cama en proceso de secado de pintura, aun sin barandas, cabecero y piecero, además se visualiza en la parte inferior derecha debajo del panel del espaldar, la caja de control donde estarán todos los dispositivos electrónicos y el sistema de visualización del peso del paciente.

Fue construida de material reciclable, cada una de estas piezas fueron cortadas y soldadas en el taller de mantenimiento donde laboro, los sin fin para el movimiento de la cama fueron hechos con tubería.

Figura 17

Prototipo de Cama Eléctrica en Proceso de Construcción.



Nota. Autoría Propia.

En la siguiente imagen se visualiza el prototipo mecánico de la cama desarrollado en su

totalidad, con barandas laterales, cabecero y piecero y llantas con sistema de freno, pensando en la seguridad del paciente.

Figura 18

Proceso de Construcción de Prototipo, con Barandas.



Nota. Autoría Propia.

Explicación Detallada del Funcionamiento de la Solución Implementada

El prototipo de cama eléctrica intrahospitalaria con sistema de pesado de paciente cuenta con dos etapas de funcionamiento:

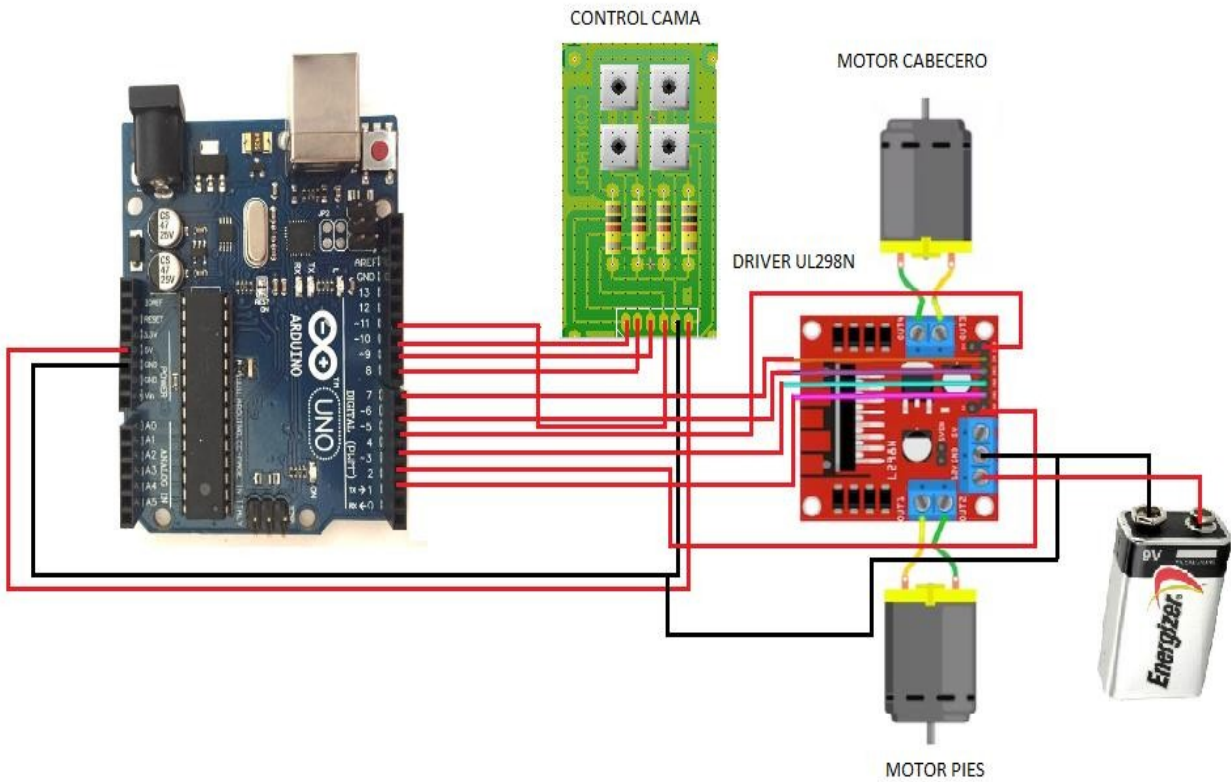
La Primera Etapa

Se encarga de la activación de dos motores debido a la señal enviada por medio un control de activación de movimientos de forma electrónica al Arduino uno, seguidamente este dispositivo de procesamiento de señales envía las señales digitales de activación y desactivación al puente H doble (Driver motor), para hacer subir y bajar el espaldar y los pies de la cama del paciente.

Las conexiones del control de activación de movimientos y puente H, son las siguientes:

Figura 19

Conexiones Eléctricas para Movimiento de Cabeza y Pies del Prototipo.



Nota. Autoría Propia.

La segunda etapa

Se encarga de verificar el sistema de pesado del paciente, este sistema inicialmente cuenta con galgas extensométricas, que son sensores encargados de determinar el peso del paciente, estos sensores envían la señal al conversor A/D (HX711).

Siendo así el conversor A/D por medio de sus pines *DT Y SCK* envía los datos digitales al Arduino el cual por medio de protocolo I2C, hace que se visualice en la pantalla LCD el peso del paciente.

Esta etapa cuenta con sistema de calibración y de tara, que serán descrito a continuación:

Al verificar la caja de control, que es la caja donde se encuentra dispuestos todos los componentes electrónicos del sistema, se visualiza dos pulsadores de color rojo, el que está más a la izquierda de la caja de control es el pulsador de tara y el que está a la derecha de este es el pulsador de modo.

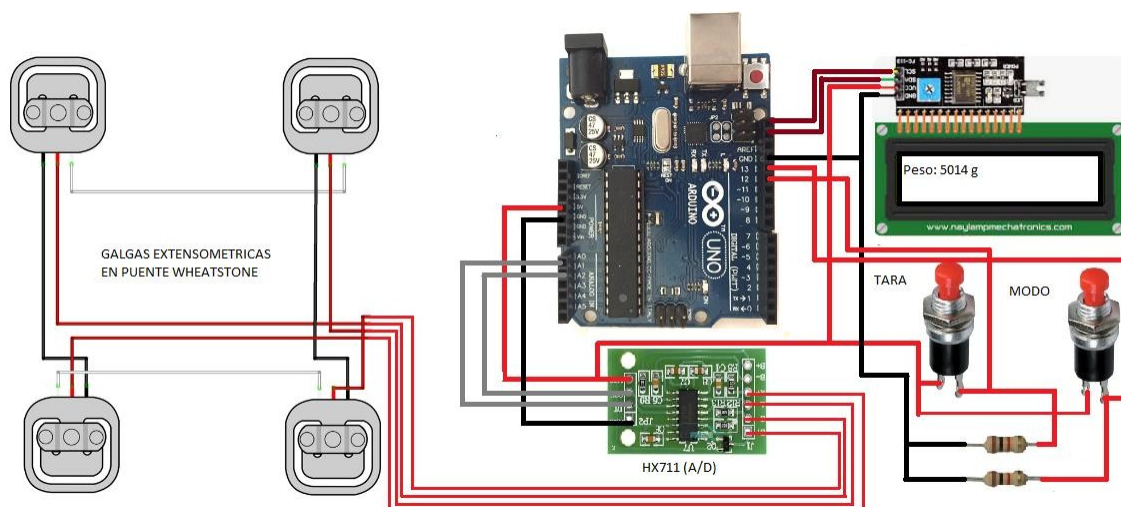
Para acceder al sistema de calibración se debe de dar *reset* al Arduino, por medio del botón *reset* del mismo, teniendo en cuenta que se deben de tener oprimidos el pulsador de tara y modo al mismo tiempo tal cual se ve en el video,

Al entrar en modo calibración el pulsador tara que está más a la izquierda de la caja de control, sirve para desplazarse en el menú y poder determinar el peso con el cual voy a calibrar el sistema, apenas selecciono el valor con el cual voy a calibrar, pulso el botón modo para dar paso a hacer el proceso de calibración, el sistema seguidamente va a pedir que ubique el peso seleccionado anteriormente encima de la cama, se espera unos segundos y el sistema le indica en la pantalla del LCD que retire el peso, y se espera unos segundos, y así ya está listo el sistema para determinar de forma clara y segura el peso del paciente. Después se ubica encima de la cama

un peso de 5 Kg y 20Kg con el fin determinar el buen funcionamiento del sistema, para lo cual el funcionamiento es satisfactorio. Al presionar el boto de tara, la pantalla LCD de la cama se restablece a cero cuando mide el peso que esta tiene encima de la cama en el momento dado de la tara, es por esto por lo que cuando se da tara y tengo una pesa de 5Kg encima de la cama, se reestablece el valor a cero, restando los 5 Kg de tara al peso real que va a medir el sistema de la cama, esto se hace importante, porque es de aclarar que el peso del colchón de la cama puede influir en el peso real del paciente.

Figura 20

Conexiones Eléctricas Sistema Encargado Peso de Paciente del Prototipo



Nota. Autoría Propia

Evidencia del Funcionamiento

En esta imagen se visualiza de forma más clara el funcionamiento del sistema utilizando pesa patrón de 10 Kg, para más detalles consulte el *link* de la explicación detallada de funcionamiento de la solución implementada, en los anexos del presente trabajo.

Figura 21

Funcionamiento del Prototipo



Nota. Autoría Propia

Recursos Necesarios para la Implementación

Tabla 2

Recursos necesarios implementación

Recurso	Descripción	Presupuesto
Equipo Humano	Técnico electromecánicoTecnólogo Biomédico.	8.000.000
Equipos y Software 2.	Software Arduino, Arduino uno, Conversor A/D HX711, Tarjeta protocolo I2C, Reguladorde velocidad L298N, Software PCB Wizard, LCD 2 x16, Motorreductores, Galgas extensiométricas.	5.000.000
Viajes y Salidas de Campo 4.	Visitas técnicas a instituciones donde se tienen procesos similares con la misma problemática planteada en el proyecto.	2.000.000
Materiales y suministros	Material de ferretería (Tornillería, tubería de acero, llantas con sistema de freno, laminas para espaldar y cabecero de cama)	800.000
Bibliografía		
TOTAL		15.800.000

Nota. Autoría Propia.

Conclusiones

Como resultado del presente proyecto se obtiene una solución innovadora para mejorar la comodidad y seguridad de los pacientes, así como para facilitar el proceso de toma de decisiones clínicas.

Al dar respuesta al objetivo general el desarrollo de este prototipo permitió dar solución a una necesidad clave en el campo de la salud, al proporcionar una solución tecnológica que facilita la captura de medida del peso del paciente, optimizando los tratamientos y así mismo ajustar las dosis de medicamentos de manera más precisa, lo que puede resultar una atención médica más efectiva.

El desarrollo del prototipo permitió desde el primer objetivo específico, obtener información clara y precisa acerca del funcionamiento de cada uno de los dispositivos electrónicos empleados en el proyecto, demostrando un enfoque metodológico riguroso y una fase sólida de conocimiento en el desarrollo del prototipo.

Al desarrollar el segundo objetivo específico, el diseño y la elaboración de planos eléctricos, electrónicos, utilizando software especializados, aseguran una representación clara y precisa que facilitan el proceso de construcción del prototipo.

Finalmente, a la luz del tercer y cuarto objetivo específico, la construcción del prototipo y las pruebas posteriores demuestran un enfoque práctico y orientado a resultados, con el fin de verificar el funcionamiento del dispositivo y realizar los ajustes necesarios para su optimización.

Para dar respuesta al planteamiento del problema la falta de instrumentos precisos y ante la dificultad para movilizar los pacientes en el servicio de cuidados intensivos impidiendo la medición directa del peso corporal, se hizo importante el desarrollo del prototipo y así contar con un método preciso y confiable, que ayudara a tomar decisiones clínicas más precisas y seguras.

Recomendaciones

Recomendaciones desde el Punto de Vista Metodológico

Desde el punto de vista metodológico, se sugiere adoptar un enfoque multidisciplinario en el desarrollo del proyecto, involucrando a médicos, ingenieros, diseñadores y otros expertos relevantes. Esto asegurará que se tengan en cuenta las necesidades y requisitos tanto médicos como tecnológicos, y se puedan crear soluciones innovadoras y efectivas.

Recomendaciones desde el Punto de Vista Académico

La participación del presente proyecto en semilleros de investigación permitirá que el proyecto se beneficie de la experiencia y conocimientos de diferentes actores académicos. Además, se abrirán nuevas oportunidades para desarrollar propuestas innovadoras, identificar áreas de mejora y fortalecer la calidad y eficiencia del proyecto en general.

Para verificar el funcionamiento del prototipo se debe de realizar el anexo número 1 del presente trabajo.

Referencias Bibliográficas

Marisa Canicoba¹ , Gertrudis A de Baptista² , Graciela Visconti² . funciones y competencias del nutricionista clínico. documento de consenso. (Enero – Junio del 2013):146-172:

<https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubalnut/can-2013/can1311.pdf>[1]

Agency for Healthcare Research and Quality Advancing Excellence in Health. AHRQsafety program for mechanically ventilated patients low tidal volume ventilation guide for reducing ventilator-associated events in mechanically ventilated patientsLTVV Guide AHRQ Safety Program for Mechanically Ventilated Patients. AHRQ [Internet]. 2017;V(16).

en: <https://www.ahrq.gov/sites/default/files/wysiwyg/professionals/quality-patient-safety/hais/tools/mvp/modules/technical/ltvv-mvpguide.pdf>. [2]

Boyer MJ. Matemáticas para enfermeras: Guía de bolsillo para cálculo de dosis y preparación de medicamentos. 3^a ed. Mexico: El Manual Moderno; 2013.

<http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/50321.pdf> [3]

Zablegui A, Lombrana M. Administración de medicamentos y cálculo de dosis. 2^a ed. Barcelona: Elsevier-Masson; 2014.

www.academia.edu/24472215/ADMINISTRACIÓN_de_MEDICAMENTOS_y_CÁLCULO_de_DOSIS_www_medili [3]

Pai, M. P., & Bearden, D. T. (2007). Antimicrobial dosing considerations in obese adult patients. *Pharmacotherapy*, 27, 1081-1089.

Dellinger, R. P., Levy, M. M., Carlet, J. M., Bion, J., Parker, M. M., Jaeschke, R., ... et al.(2008). Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of severe sepsis

and septic shock: 2008. *Critical Care Medicine*, 36, 1394-1396. Barrio, V. (2009).

Técnicas de reemplazo renal continuas frente a las intermitentes: pro-intermitentes.

Medicina Intensiva, 33, 93-96.

Corbo, J., Canter, M., Grinberg, D., & Bijur, P. (2005). Who should be estimating a patient's weight in the emergency department. *Academic Emergency Medicine*, 12, 262-266.

Kahn, C. A., Oman, J. A., Rudkin, S. E., Anderson, C. L., & Sultani, D. (2007). Can ED staff accurately estimate the weight of adult patients. *The American Journal of Emergency Medicine*, 25, 307-312.

Lin, B. W., Yoshida, D., Quinn, J., & Strehlow, M. (2009). A better way to estimate adult patients' weights. *The American Journal of Emergency Medicine*, 27, 1060-1064

Apéndices

Apéndice A

Explicacion detallada de funcionamiento de la solución implementada

Enlace Proyecto: **https://youtu.be/GTu7C3s_nu8**

Apéndice B

Plan de mejoras

Plan de mejoras a corto plazo

En el plan de mejoras a menos de un año se podría mejorar el sistema mecánico que se encarga de hacer subir y bajar el cabecero y los pies, por medio de dos motores de 12 V, con el fin que el sistema genere rozamiento al momento de activar los movimientos.

Plan de mejoras a mediano plazo

En el plan de mejoras a dos años, se podría cambiar la visualización de los datos y la manipulación de parte de control del sistema del botón de tara y modo, con una pantalla táctil, la cual permitirá eliminar los dos pulsadores que se encuentran al frente de la caja de control de la cama, dando así mayor presentación y ergonomía al proyecto.

Apéndice C

Plan de mantenimiento

Los criterios para tener en cuenta en un posible mantenimiento correctivo son los siguientes:

Tabla 3 *Fallas y soluciones del prototipo*

Fallas	Solución	Repuestos
Sistema electrónico no enciende	Verificar alimentación de voltaje y adaptador de voltaje de Arduino (7V)	Adaptador de voltaje de 7V
Sistema no ingresa a modo de calibración	Verificar conexiones de pulsadores en el Arduino. Verificar estado funcional de pulsadores con multímetro.	Pulsadores Normalmente abiertos (NA)

<p>No se activan movimientos de espaldas</p>	<p>Verificar funcionamiento de Arduino. Verificar conexión de control de movimientos con el Arduino. Verificar alimentación de 5V, de control de movimientos Verificar estado físico y funcional de pulsadores del control. Verificar alimentación de voltaje de 5v de driver de motores. Verificar señales de activación de Arduino hacia el <i>driver</i>.</p>	<p>Pulsador Normalmente abierto, Driver L298N, motor 9V.</p>
--	---	--

	<p>Verificar estado de batería de 9 V, para alimentación de motor.</p> <p>Verificar conexiones eléctricas de motor del espaldar con el <i>driver</i>.</p> <p>Verificar que motor espaldar esté en condiciones normales de funcionamiento.</p>	
No se activan movimientos de los pies	<p>Verificar funcionamiento de Arduino.</p> <p>Verificar conexión de control de movimientos con el Arduino.</p> <p>Verificar alimentación de 5V, de control de movimientos</p> <p>Verificar estado físico y funcional de pulsadores del control.</p> <p>Verificar alimentación de voltaje de 5v de <i>driver</i> de motores.</p> <p>Verificar señales de activación de Arduino hacia el <i>driver</i>.</p> <p>Verificar estado de batería de 9 V, para alimentación de motor.</p> <p>Verificar conexiones eléctricas de motor</p>	<p>Pulsador Normalmente abierto, <i>Driver</i> L298N, motor 9V.</p>

	de pies con el <i>driver</i> . Verificar que motor de pies esté en condiciones normales de funcionamiento.	
Llantas no frenan	Verificar estado físico y funcional de frenos, que no estén pegados.	Llantas de 2.5 pulgadas con sistema de freno.
Barandas se bajan solas	Verificar sistema de fijación mecánico.	Barandas
Sistema no muestra en LCD peso del paciente, aunque el sistema este encendido	Subir de nuevo software al Arduino Verificar sistema de alimentación de voltaje y estado físico de conversor A/D ref. (HX 711.) Verificar conexiones eléctricas de cada una de las cuatro celdas de carga con Arduino y conversor análogo/digital, conectadas en puente <i>Wheatstone</i> . Verificar tarjeta electrónica I2C PCF8574, la cual interactúa con el sistema de visualización del LCD. Verificar estado físico y funcional de LCD.	Conversor Hx711 Celdas de Carga de 50 Kg Tarjeta electrónica I2C PCF8574 LCD 2 x 16

Nota. Autoría Propia.

Apéndice D

Plan de mantenimiento predictivo

Se debe de hacer una rutina de verificación tres veces semanales, con el fin de evidenciar posibles daños en la cama eléctrica.

Tabla 4 *Lista de chequeo*

INSPECCION CAMA ELECTRICA INTRAHOSPITALARIA CON SISTEMA DE PESADO DE PACIENTES			
Area:	Fecha:	Realizador por:	
Lista de chequeo	Pasa	No pasa	Observaciones
1. Verificar llantas y sistema de frenado			
2. Verificar estado fisico y funcional de barandas			
3. Verificar estado fisico y funcional de control			
4. Verificar estado fisico de tornilleria en general			
5. Verificar funcionamiento de movimientos de cabeza			
6. Verificar funcionamiento de movimientos de pies			
7. Verificar funcionamiento sistema de visualizacion de peso del paciente			
Firma Jefe Area Hospitalaria:			

Nota. Autoría Propia.

Apéndice E

Plan de mantenimiento preventivo

Se hará mantenimiento preventivo 3 veces al año, en los meses de enero-junio y diciembre, basados en el siguiente protocolo:

Tabla 5 Protocolo de mantenimiento preventivo

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
CLIENTE						
CIUDAD				FECHA		
Equipo	CAMA ELECTRICA INTRAHOSPITALARIA CON SISTEMA DE PESADO DE PACIENTES	Serial				
Marca		Placa				
Modelo		Ubicación				
ACTIVIDADES PARA REALIZAR						
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra ✓ Efectuar limpieza integral externa del equipo. ✓ Verificar estado físico de cada uno de los accesorios: Ruedas, cabecero, piecero, galgas extensométricas, motores, pantalla LCD, tarjetas electrónicas, funcionamiento adecuado de las barandas y seguros. ✓ Detectar deterioro de tornillos, fisuras en lámina y estructura. ✓ Chequear el sistema de frenado de las ruedas, lubricarlas. ✓ Verificar operatividad del sistema de movimiento: Comando, control remoto, motores, tornillos sinfín. ✓ Asegurarse que se realizan todos los movimientos indicados en el control remoto. ✓ Verificación de funcionamiento del equipo con el operador. 						
HERRAMIENTAS NECESARIAS				OBSERVACIONES		
<ul style="list-style-type: none"> • Juego Destornilladores pala, estrella. • Juego de Llaves Bristol. • Multímetro. • Pinzas, cortafrío, llave expansión. • Llaves Boca fija y juego de copas • Lubricantes, limpia contactos, desmanchador. 						
CAMBIO DE REPUESTOS PARTES O ACCESORIOS						
EQUIPO EN FUNCIONAMIENTO				SI	NO	
RECIBIDO POR:			ENTREGADO POR:			
NOMBRE			NOMBRE			
CARGO			CARGO			
FIRMA			FIRMA			
PROXIMA REVISION						

Nota. Autoría Propia.

Apéndice F

Figura 22

Algoritmo del proyecto desarrollado en Arduino.

```

#include "HX711.h"
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <EEPROM.h>
//Define las variables globales
#define DT A0
#define CLK A1
byte modo = 12;
byte tara = 13;
long peso_conocido[4] = {5000,3000,2000,80000};
long escala;

//Cabecero

int IN1 = 6;      // IN1 de L298N a pin digital 0
int IN2 = 7;      // IN2 de L298N a pin digital 1
int ENA = 5;      // ENA de L298N a pin digital 5 pwm

//Pies

int IN3 = 2;      // IN2 de L298N a pin digital 2
int IN4 = 4;      // IN3 de L298N a pin digital 4
int ENB = 3;      // ENA de L298N a pin digital 3 pwm

//Botones

int btnCUp=8;    // Botòn caberecera subir
int btnCDown=9;  // Botòn caberecera bajar
int btnPUp=10;   // Botòn pies subir
int btnPDown=11; // Botòn pies bajar

int valorCUp;    //Variable que recoge el valor del botòn
int valorCDown;  //Variable que recoge el valor del botòn
int valorPUp;    //Variable que recoge el valor del botòn
int valorPDown;  //Variable que recoge el valor del botòn

```

```

//Crear el objeto lcd dirección 0x3F y 16 columnas x 2 filas
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
//Crear el objeto balanza
HX711 balanza;
//Función de Anti-debounce (Evitar el rebote del pulsador)
void anti_debounce(byte boton){
    delay(100);
    while(digitalRead(boton)); //Anti-Rebote
    delay(100);
}
//Función de calibración y ajuste
void calibration(){

    int i = 0,cal=1;
    long adc_lecture;

    // Escribimos el Mensaje en el LCD
    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print("Calibracion de");
    lcd.setCursor(4, 1);
    lcd.print("Balanza");
    delay(1500);
    balanza.read();
    balanza.set_scale(); //La escala por defecto es 1
    balanza.tare(20); //El peso actual es considerado Tara.

    lcd.clear();
    //Inicia el proceso de ajuste y calibración
    while(cal == 1){

        lcd.setCursor(1, 0);
        lcd.print("Peso Conocido:");
        lcd.setCursor(1, 1);
        lcd.print(peso_conocido[i]);
        lcd.print(" g      ");
    }
}

```

```
}
//Selecciona el peso conocido con el boton modo
if(digitalRead(modos)){
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(1, 0);
  lcd.print("Ponga el Peso");
  lcd.setCursor(1, 1);
  lcd.print("y espere ...");
  delay(2000);
  //Lee el valor del HX711
  adc_lecture = balanza.get_value(100);
  //Calcula la escala con el valor leido dividido el peso conocido
  escala = adc_lecture / peso_conocido[i];
  //Guarda la escala en la EEPROM
  EEPROM.put( 0, escala );
  delay(100);
  cal = 0; //Cambia la bandera para salir del while
  lcd.clear();
}

}
}

void leerEstadoControl(){
  valorCUp= digitalRead(btnCUp);
  valorCDown= digitalRead(btnCDown);
  valorPUp=digitalRead(btnPUp);
  valorPDown=digitalRead(btnPDown);
}
```



```

digitalWrite(ENA, LOW);           // habilita motor A (giro en un sentido)
digitalWrite(ENB, LOW);           // habilita motor B (giro en un sentido)
if(valorCUp == HIGH){             // Sentido Horario Cabecero
    digitalWrite(ENA, HIGH);       // habilita motor A (giro en un sentido)
    digitalWrite(IN1, LOW);        // IN1 a 0
    digitalWrite(IN2, HIGH);      // IN2 a 1
}
if(valorCDown == HIGH){           //Sentido Anti-horario Cabecero
    digitalWrite(ENA, HIGH);       // habilita motor A (giro en un sentido)
    digitalWrite(IN1, HIGH);      // IN1 a 1
    digitalWrite(IN2, LOW);      // IN2 a 0
}

if(valorPUp == HIGH){             //Sentido Horario Pies
    digitalWrite(ENB, HIGH);       // habilita motor B (giro en un sentido)
    digitalWrite(IN3, LOW);        // IN3 a 0
    digitalWrite(IN4, HIGH);      // IN4 a 1
    //digitalWrite(ENB, LOW);      // habilita motor B (giro en un sentido)
}

if(valorPDown == HIGH){           //Sentido Anti-horario Pies
    digitalWrite(ENB, HIGH);       // habilita motor B (giro en un sentido)
    digitalWrite(IN3, HIGH);      // IN3 a 1
    digitalWrite(IN4, LOW);      // IN4 a 0
}

```

```
}  
  
void setup() {  
  pinMode(IN1, OUTPUT);    // pin 0 como salida  
  pinMode(IN2, OUTPUT);    // pin 1 como salida  
  pinMode(ENA, OUTPUT);    // pin 5 como salida  
  pinMode(IN3, OUTPUT);    // pin 2 como salida  
  pinMode(IN4, OUTPUT);    // pin 4 como salida  
  pinMode(ENB, OUTPUT);    // pin 3 como salida  
  
  pinMode(btnCUp, INPUT);  // pin 8 como entrada  
  pinMode(btnCDown, INPUT); // pin 9 como entrada  
  pinMode(btnPUp, INPUT);  // pin 10 como entrada  
  pinMode(btnPDown, INPUT); // pin 11 como entrada  
  
  pinMode(0, INPUT);  
  
  //Configura la balanza  
  balanza.begin(DT, CLK);  
  
  //Configura los botones  
  pinMode(modos, INPUT);  
  pinMode(tara, INPUT);  
  // Inicializar el LCD  
  lcd.init();  
}
```

```
//Encender la luz de fondo.
lcd.backlight();
//Lee el valor de la escala en la EEPROM
EEPROM.get( 0, escala );
//Pregunta si se desea entrar en calibración
if(digitalRead(modo) && digitalRead(tara))
  calibration();
//Mensaje inicial en el LCD
lcd.setCursor(1, 0);
lcd.print("Retire el Peso");
lcd.setCursor(1, 1);
lcd.print("y Espere");
delay(2000);
balanza.set_scale(escala); // Establecemos la escala
balanza.tare(20); //El peso actual es considerado Tara.
lcd.clear();
lcd.setCursor(1, 0);
lcd.print("Listo....");
delay(1000);
lcd.clear();
}
```

```
void loop() {  
  
    float peso;  
    //Mide el peso de la balanza  
    peso = balanza.get_units(10);  
    //Muestra el resultado  
    lcd.setCursor(1, 0);  
    lcd.print("Peso: ");  
    lcd.print(peso,0);  
    lcd.println(" g          ");  
    delay(5);  
    //Botón de Tara  
    if(digitalRead(tara)){  
        anti_debounce(tara);  
        balanza.tare(10); //El peso actual es considerado Tara.  
    }  
  
    leerEstadoControl();  
}
```

Nota. Autoría Propia.