



**MODELAMIENTO DE UN SOPORTE DE PESO INTELIGENTE APLICADO
PARA PERSONAS DISCAPACITADAS.**

DAYHANA ANDREA BARRAGAN GÓMEZ

ID: 308785

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2018

**MODELAMIENTO DE UN SOPORTE DE PESO INTELIGENTE APLICADO
PARA PERSONAS DISCAPACITADAS.**

DAYHANA ANDREA BARRAGAN GÓMEZ

**DIRECTOR:
EDWIN CÓRDOBA TUTA**

**CODIRECTORA:
JOELMA REZENDE DURÃO PEREIRA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
BUCARAMANGA**

2018

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, septiembre 2018

DEDICATORIA

Dedico de este proyecto investigativo principalmente a DIOS por haberme traído hasta este punto, a mis padres, mis primos, y familiares, ellos fueron el pilar para la construcción de mi vida como profesional, y el medio para poder llegar donde estoy ahora, mostrándome el camino correcto, cultivando día a día los valores y sobre todo el deseo de superación.

Puedo dar fe que mi familia espera mucho de mí, por eso me dedicaron tiempo, amor, hicieron demasiados sacrificios para poder ampliar mi conocimiento enviándome a Brasil hacer este proyecto, no tengo más que agradecer a mi hermosa familia que con esfuerzo me han dado una educación excepcional.

¡Gracias a ustedes!

Dayhana Andrea Barragán Gómez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Pontificia Bolivariana por habernos formado como profesionales con calidad y por facilitarnos toda la información necesaria (medios económicos, herramientas, tiempo) con el fin de cumplir con nuestro proceso como ingenieros mecánicos.

A toda la comunidad UPB (profesores, directivos, administrativos) del área de ingeniería mecánica por tenernos toda la paciencia, transmitirnos todos los conocimientos necesarios y las experiencias que vivimos a diario.

Agradezco a la Universidad Federal de Lavras (Brasil) y al núcleo de estudio de ingeniería mecánica por permitirme llegar a aplicar lo aprendido en mi país, por facilitarme los laboratorios, herramientas, programas, y por permitirme conocer a personas como la Doctora Joelma Rezende Durão Pereira y Mohamed Zorkot, quienes me acogieron en esta hermosa familia.

A mi director de proyecto, Edwin Córdoba Tuta, por apoyarme en este largo camino, por guiarme a tomar las mejores decisiones durante mi carrera y durante este proyecto para que todo se hiciera de la mejor forma.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. JUSTIFICACIÓN	15
2. OBJETIVOS	16
1.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. MARCO TEÓRICO	17
3.1 SOPORTE DE PESO	17
3.2 ACCIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO	17
3.3 PARÁLISIS O ENTUMECIMIENTO DE LA CARA, LOS BRAZOS O LAS PIERNAS (MIEMBROS INFERIORES)	18
3.4 OBJETIVO DEL SOPORTE DE PESO CORPORAL	18
3.5 CARACTERÍSTICAS DEL SOPORTE DE PESO CORPORAL	19
3.6 RUEDAS	20
3.7 POLEAS	21
3.8 MATRIZ QFD	21
3.9 SOFTWARE LABVIEW®	40
3.10 SERVO MOTOR	41
4. METODOLOGÍA	43
5. ANALISIS DE RESULTADOS	45
6. CONCLUSIONES	63

7. RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFIA.....	66
ANEXOS	69

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Modelado de soporte de peso (conceptual).....	17
Figura 2. Soporte de peso corporal.....	20
Figura 3. Ruedas giratorias para el soporte de peso.	20
Figura 4. Modelo de polea	21
Figura 5. Representación gráfica del nombre QFD.....	22
Figura 6. Casa de cualidades	24
Figura 7. Características de cualidades.....	33
Figura 8. Ventanas del software LabView.....	41
Figura 9. Funcionamiento de un servomotor.	42
Figura 10. Matriz de correlaciones y valor de meta-objetivo	45
Figura 11. Elementos y características de la calidad.	45
Figura 12. Requisitos del cliente	46
Figura 13. Matriz de relaciones del soporte de peso	46
Figura 14. Benchmarking (Técnico de producto)	47
Figura 15. Calibración del software LabView®	49
Figura 16. Rehabilitación de la Marcha.....	50
Figura 17. Referencias e Historia.....	50
Figura 18. Diagrama de bloques de calibración.....	51
Figura 19. Diagrama de bloque de Rehabilitación en Marcha.	52
Figura 20. Diagrama de bloques del proyectista.....	52
Figura 21. Modelado Preliminar SPC.....	53
Figura 22. Aluminio Estructural 30x30 240mm (Modelo conceptual)	54
Figura 23. Prueba de análisis lineal estático. (Modelos conceptual).....	54
Figura 24 .Tipo de rueda y selección de freno.	54
Figura 25. Cuerda para soporte de peso.	55
Figura 26. Servo motor	58

Figura 27. Motor basculante	59
Figura 28. Spc Detallado	59
Figura 29. Estructura	60
Figura 30. Cinturón de soporte de peso.....	61

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Requisitos del cliente	27
Tabla 2. Desdoblamiento de requisitos del cliente.....	28
Tabla 3. Requisitos con grado de importancia.....	29
Tabla 4. Evaluación competitiva por el cliente	30
Tabla 5. Índice de mejora de los requisitos.....	31
Tabla 6. Tabla completa de requisitos del cliente	32
Tabla 7. Elementos y características de la calidad extraídos a partir de los requisitos.	34
Tabla 8 Matriz de correlaciones y valor de meta-objetivo.	35
Tabla 9. Matriz de relaciones.....	37
Tabla 10. Proceso de obtención del peso absoluto de las características a partir del peso relativo de los requisitos.	37
Tabla 11. Calculo de peso absoluto y relativo de las características de calidad....	38
Tabla 12. Matriz de calidad completa QFD (conceptual)	40
Tabla 13. Diámetros de la cuerda (Fabrica de cuerdas BRAZILIANROPES)	56
Tabla 14. Ficha técnica Mectrol (Brasil).....	56
Tabla 15. Ficha técnica Mundo Max (Brasil).....	58

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: MODELAMIENTO DE UN SOPORTE DE PESO INTELIGENTE APLICADO PARA PERSONAS DISCAPACITADAS.

AUTOR(ES): DAYHANA ANDREA BARRAGAN GOMEZ

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR(A): EDWIN CORDOBA TUTA

RESUMEN

El uso del soporte de peso corporal (SPC) posibilita la rehabilitación de la marcha de individuos por medio de la ayuda parcial de su peso sobre los miembros inferiores. Hay varias causas para la anormalidad en la marcha. En la mayoría de los sobrevivientes se observan deficiencias neurológicas significativas, lo que hace que el porcentaje de muertes por accidente vascular encefálico (AVE) sea aproximadamente del 40% al 50%, en un período de seis meses. La AVE es la primera causa de incapacidad funcional observada en el mundo. Estas deficiencias hacen al individuo incapaz de tener un comportamiento motor normal debido al daño en el sistema nervioso central, que altera la capacidad integrativa del cerebro. Ante estos datos, el objetivo de este proyecto de investigación es desarrollar el modelado de un sistema de elevación a ser acoplado en cualquier estera aplicada para desarrollar marcha en individuos con restricciones. Para ello, se utilizó la matriz del desdoblamiento de la función de calidad (QFD), con el fin de transcribir en el modelo los requisitos de cliente y transformarlo en descripción y el TopSolid® para el diseño paramétrico. Se tiene como resultado el desarrollo del sistema completo, automatizado con servo motor, célula de carga y sistemas mecánicos con foco en el bajo costo. El modelo desarrollado en este proyecto de investigación generó un avance en innovación tecnológica y accesibilidad a la población.

PALABRAS CLAVE:

soporte de peso, accidente vascular encefálico, sistema inteligente, software LabView®.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: INTELLIGENT WEIGHT SUPPORT MODELING APPLIED FOR DISABLED PEOPLE.

AUTHOR(S): DAYHANA ANDREA BARRAGAN GOMEZ

FACULTY: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR: EDWIN CORDOBA TUTA

ABSTRACT

The use of body weight support (SPC) makes it possible to rehabilitate the gait of individuals through the partial help of their weight on the lower limbs. There are several causes for gait abnormality. In the majority of the survivors significant neurological deficiencies are observed, what causes that the percentage of deaths by cerebral vascular accident (AVE) is approximately of 40% to 50%, in a period of six months. The AVE is the first cause of functional disability observed in the world. These deficiencies make the individual unable to have normal motor behavior due to damage to the central nervous system, which alters the integrative capacity of the brain. Given these data, the objective of this research project is to develop the modeling of a lifting system to be coupled in any applied mat to develop gait in individuals with restrictions. For this, the matrix of the splitting of the quality function (QFD) was used, in order to transcribe in the model the customer requirements and transform it into a description and the TopSolid® for the parametric design. The result is the development of the complete system, automated with servomotor, load cell and mechanical systems with focus on low cost. The model developed in this research project generated an advance in technological innovation and accessibility to the population.

KEYWORDS:

weight support, brain vascular accident, intelligent system, software LabView®

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

Desde el inicio del siglo XXI, con el surgimiento de la biomecánica y la bioingeniería, las áreas de salud progresaron notablemente. Esto se debe al hecho de que ambas busquen, unidas, una mejor calidad de vida de los individuos por medio de innovaciones tecnológicas con finalidades variadas. El acto de andar es una de las actividades más importantes del ser humano. El patrón de marcha se obtiene alrededor de los 7 u 8 años, fase en que el cerebro está mejor preparado para generar automáticamente secuencias repetitivas de movimientos. Así, queda evidente la importancia de la marcha en la vida de los individuos. Hay varios factores que pueden perjudicar la marcha de un individuo. Una de las principales causas es el Accidente Vascular Encefálico (AVE), donde el paciente tiene sus funciones motoras comprometidas por cuenta de una parálisis del lado del cuerpo contralaterales a la lesión cerebral. La hemiplejía es la forma más común de parálisis, e involucra al miembro superior y al miembro inferior de un lado del cuerpo, pudiendo incluir la cara. La pérdida parcial de parálisis se conoce como Hemiparesia¹. Las consecuencias de esta hemiplejía, observada en la mayoría de las víctimas del AVE, son la pérdida del movimiento voluntario. Otro gran factor que puede perjudicar la marcha de una persona es la lesión medular (LM). Sus principales causas son accidentes de tránsito y agresión por arma de fuego. Las LM pueden ser traumáticas o no traumáticas. Se estima que ocurren cada año en Brasil más de 10.000 nuevos casos de LM, siendo el trauma la causa predominante². El resultado es la destrucción mecánica del tejido neural en la región del segmento medular alcanzado que provoca cambios en la transmisión, modificación y coordinación motora y sensorial, y en el sistema nervioso autónomo³. Estas lesiones generan pérdidas total o parcial de la capacidad de locomoción, haciendo necesario un proceso de rehabilitación largo y oneroso. Tales procesos no siempre son

¹ GREVE, J. M. D. Tratado de Medicina de Reabilitação. São Paulo: Roca, 2007.

² MASINI, 2000 e CORDOVA, CESARINO,. Soporte de Peso. 2007.

³ O'SULLIVAN y SCHMITZ. Physical Rehabilitation (O'Sullivan, Physical Rehabilitation) 2004

suficientes para la rehabilitación completa del paciente, pero están ligados a la adaptación del individuo a su nueva condición de vida, mejora de la autoestima e inclusión social del ser humano.

1. JUSTIFICACIÓN

Una unión de la ingeniería con los segmentos de la salud, hace la bioingeniería uno de los principales impulsores de la innovación tecnológica con fines orientados a la mejora de la condición de vida de los individuos, pudiendo obtener resultados más rápidos y eficaces. Los beneficios de esta unión se extienden a toda la comunidad académica, docentes y discentes. Estos beneficios incluyen la interdisciplinariedad entre la mecánica, la resistencia de los materiales, los conocimientos de software de modelado y los conocimientos de la biología, como el comportamiento de los miembros inferiores bajo diferentes descargas de peso, así como la influencia que los movimientos repetitivos de marcha tiene sobre la capacidad de rehabilitación del individuo con discapacidad motora. La creación de dispositivos inteligentes capaces de estudiar y de dar soporte a la vida es un avance hacia las ciencias exactas y una apertura del campo de actuación de la ingeniería. Un ejemplo de esta unión puede ser observado en el soporte de peso, que tiene el propósito de izar el individuo durante la ejecución de la marcha, aliviando la fuerza normal ejercida entre el individuo y la estera utilizada.

2. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Modelar y aprobar un soporte de peso desarrollando el concepto de bioingeniería aplicada a la rehabilitación humana para pacientes con discapacidad.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

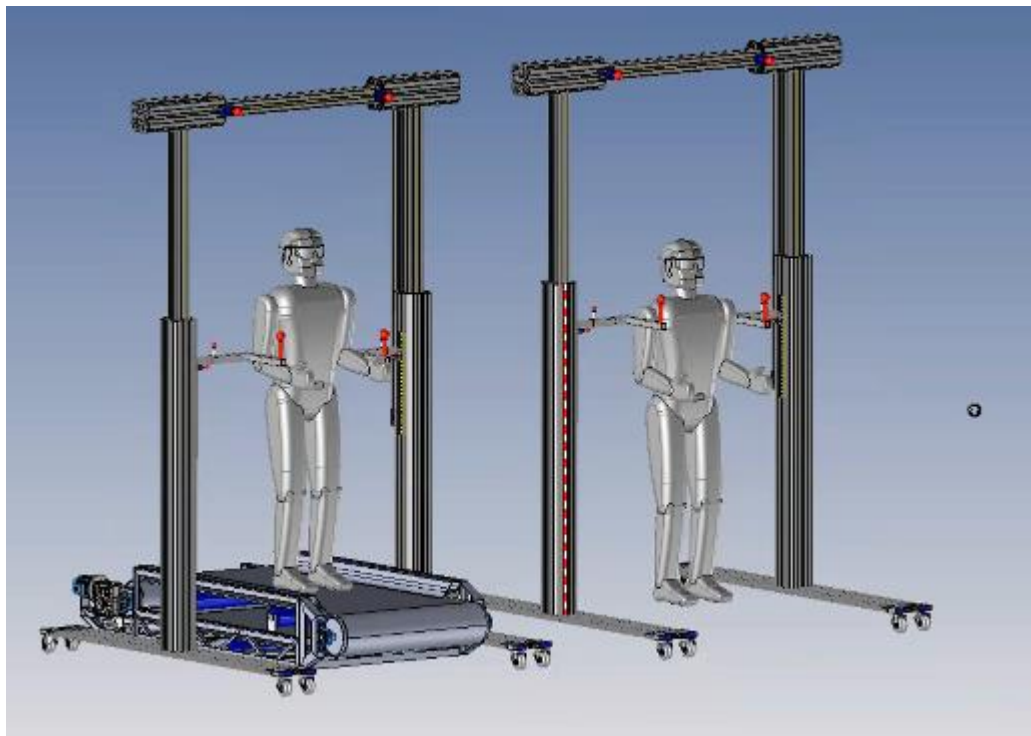
- Diseñar paramétricamente un soporte de peso corporal para aliviar la carga sobre los miembros inferiores del paciente, **resultado:** Modelo paramétrico del soporte. **Indicador:** El diseño paramétrico se realizará usando el software TopSolid®.
- Desarrollar un sistema de adquisición y procesamiento de datos inteligente con el fin de proporcionar al profesional de la salud un biofeedback y direccionamiento terapéutico de los usuarios del soporte de peso corporal. **Resultado:** Sistema de adquisición de datos que involucra hardware y software. **Indicador:** El sistema inteligente de adquisición y procesamiento de datos se hará en la plataforma de programación virtual LabView®, que presenta un ambiente de fácil interacción con el usuario.
- Realizar una metodología para garantizar la calidad del soporte de peso. **Resultado:** metodología que relaciona y superar las expectativas de los consumidores. **Indicador:** la metodología utilizada estará basada en la matriz QFD.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 SOPORTE DE PESO

El soporte de peso permite el entrenamiento precoz de marcha, con descarga gradual de peso sobre el suelo, proporcionando adaptación del paciente a la actividad, con menor gasto energético.

Figura 1. Modelado de soporte de peso (conceptual)



Fuente: Autores.

3.2 ACCIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO

Un accidente cerebrovascular ocurre cuando se interrumpe o se reduce el suministro de sangre que va a una parte del cerebro, lo que impide que el tejido

cerebral reciba oxígeno y nutrientes. En cuestión de minutos, las neuronas cerebrales empiezan a morir.

Un accidente cerebrovascular es una urgencia médica. Es fundamental un tratamiento inmediato. La acción temprana puede reducir al mínimo el daño cerebral y la posibilidad de complicaciones. La buena noticia es que los accidentes cerebrovasculares pueden tratarse y prevenirse, hoy en día muere una cantidad considerable de personas, ya que se someten a dichos tratamientos para el mejoramiento de su salud.

3.3 PARÁLISIS O ENTUMECIMIENTO DE LA CARA, LOS BRAZOS O LAS PIERNAS (MIEMBROS INFERIORES)

La parálisis o entumecimiento de todas las extremidades inferiores pueden ir apareciendo e incluso endurecerse repentinamente, ocasionando una serie de debilidades o endurecimiento facial. Por lo general, esto ocurre en un solo lado del cuerpo. Si esto ocurre, se debe tratar de levantar los brazos por encima de la cabeza al mismo tiempo. Si un brazo empieza a caer, es posible que esté ocurriendo un accidente cerebrovascular. Además, un lado de la boca puede caerse cuando se trata de sonreír.

3.4 OBJETIVO DEL SOPORTE DE PESO CORPORAL

Los equipos de soporte de peso corporal se destinan a todos los individuos que presentan disturbios cinéticos funcionales que imposibiliten la independencia de ortostatismo y marcha. Muchas son las afecciones que pueden llevar a los disturbios citados. Entre ellas podemos citar dos de las afecciones neurológicas más prevalentes en el mundo, las LM (Lesión medular) y el AVE (accidente vascular encefálico). Además, los traumas, particularmente las amputaciones derivadas de la violencia urbana y de los accidentes de tránsito, también contribuyen en el

aumento del número de personas con discapacidad física que tienen secuelas que comprometen la independencia funcional. El soporte de peso corporal podrá ser utilizado como equipo terapéutico, auxiliar de la recuperación del ortostatismo y marcha.

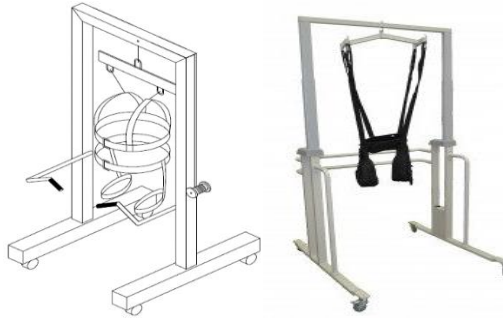
3.5 CARACTERÍSTICAS DEL SOPORTE DE PESO CORPORAL

Los equipos de soporte de peso corporal permiten el entrenamiento de marcha precoz, con descarga gradual de peso sobre el suelo, proporcionando adaptación del paciente a la actividad, con menor gasto energético. Este inicio precoz favorece la ganancia funcional, el condicionamiento del individuo y evita las secuelas que serán causadas por el demasiado tiempo en que el paciente queda sin condiciones de sostenerse en pie. Con la ayuda del soporte de peso corporal que ofrece el fisioterapeuta no necesita preocuparse en apoyar al paciente durante el entrenamiento de marcha y, de esa forma, puede dedicarse exclusivamente al auxilio en su deambulación. Es decir, el equipo ofrece mayor seguridad al entrenamiento de verticalización y marcha con menor número de personas involucradas en la tarea.

Por las razones expuestas, el soporte de peso corporal ofrece una opción de tratamiento fisioterapéutico eficaz a los pacientes que presenten trastornos cinéticos funcionales que imposibiliten la verticalización y marcha independiente.

Una de las características específicas del soporte de peso corporal construido es la facilidad de acceso al paciente en todas las partes del equipo (parte lateral, frontal y trasera) debido a su característica constructiva, como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Soporte de peso corporal.



Fuente: <https://www.google.com.br/search?q=soporte+de+peso+corporal+para&tbm>

3.6 RUEDAS

La rueda es una máquina simple con aplicación en diversos equipos con la finalidad de facilitar el desplazamiento de los mismos, básicamente caracterizada por el formato circular que gira alrededor de un eje en su centro. La rueda puede ser fabricada de varios materiales y puede ser encontrada en material macizo o neumático. Hay un material adecuado para cada condición de uso, como suelo, forma de tracción, condición ambiental, carga aplicada, entre otros. Las ruedas están formados por rueda, horquilla metálica, cabezal y eje como lo muestra la figura 3.

Figura 3. Ruedas giratorias para el soporte de peso.

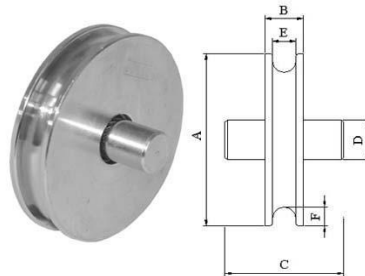


Fuente: <https://www.google.com.br/search?q=ruedas+giratorias+partes&source=Inms&tbm>

3.7 POLEAS

Son discos que giran alrededor de un eje que pasa por su centro y es perpendicular a su plano, como se muestra en la figura 4. Su función es alterar la dirección y el sentido de fuerzas transmitidas por cuerdas, cadenas metálicas o correas, sin alterar el módulo de estas fuerzas (condición ideal, sin fricción y masa despreciable). La influencia de la masa (momento de inercia) de la polea sólo es considerable en sistemas con aceleración, que no es el caso del proyecto. Pueden fabricarse con materiales metálicos o incluso de madera. Se clasifican en fijas y móviles. En las fijas los cojinetes de sus ejes permanecen en reposo con relación al soporte donde se han fijado. Los muebles no tienen los cojinetes fijos, los mismos se mueven junto con la carga que está siendo elevada.

Figura 4. Modelo de polea



Fuente: <https://www.neoferr.com/poleas-canal-metalico/9659-poleas-canal>

3.8 MATRIZ QFD

Con el objetivo de ayudar a las empresas a definir los puntos críticos de control de garantía de calidad antes del inicio de la producción, AKO⁴ inició estudios en 1966, adaptando una tabla de puntos de control en la producción, desarrollada por OSHIUMI. Con la integración de la investigación desarrollada por AKO⁵ con los

⁴ AKAO, Y. (Ed). Despliegue de la función de calidad: integrando los requisitos del cliente en el diseño del producto. Trad. Glenn H. Mazur.1990.

⁵ Ibíd.

estudios de Mizunoe, Furukawa e Ishihara concluyeron el método del “QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT” (QFD) o desdoblamiento de la función calidad de la forma como hoy es conocido⁶.

El origen de los términos que componen la escritura de esta herramienta es china, pero fue adoptada para el japonés con la representación gráfica mostrada en la figura 5. La descripción ascendente en japonés “HIN SHITSU KI NO TEN KAI” puede tener significados diferentes en torno a un mismo tema. AKO (1997) describe que inicialmente los términos se tradujeron a “QUALITY FUNCTION EVOLUTION”, cambiando posteriormente a “QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT”, ya que la palabra “EVOLUTION” indicaba un cambio lo que no era inicialmente el concepto primario del QFD. La metodología es también efectiva en la resolución de problemas, la toma de decisiones y la planificación estratégica, no solo en cuanto a asuntos directos de calidad. En portugués, la traducción más común se encuentra como desdoblamiento de la función de calidad, cuya sigla es (QFD), que se mantuvo del inglés solo parte del concepto original (GUIMARAES 20x03).

Figura 5. Representación gráfica del nombre QFD



Fuente: Guimarães (2003)

⁶ AKAO, Y. Mazur (Ed). Despliegue de la función de calidad: integrando los requisitos del cliente en el diseño del producto. Trad. Glenn H. Mazur. 2003

Matriz QFD es un método sistemático de proyectar la calidad de un producto o la búsqueda por la calidad total, se inicia con la elaboración del proyecto y continua con el servicio, la aproximación entre la calidad exigida por los clientes y la calidad del producto, pasando por la calidad de especificaciones y calidad de fabricación del producto o servicio.⁷

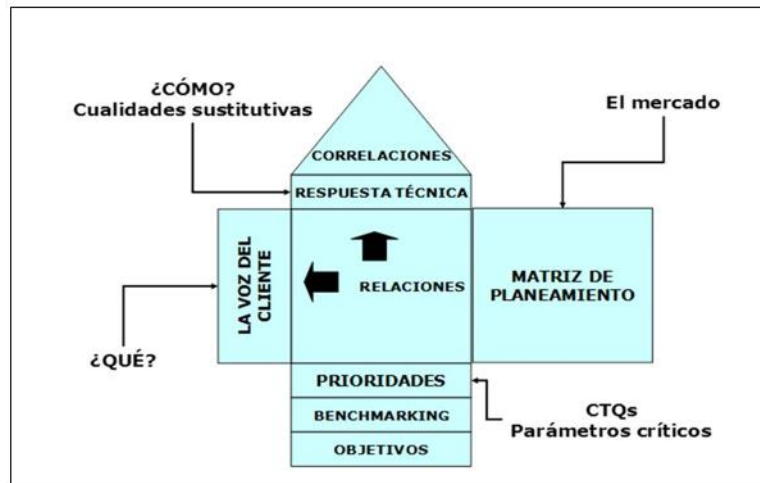
Fue originalmente desarrollada para alcanzar la alta calidad, de manera que satisfaga las expectativas de los consumidores. Para ello, la metodología tiene su base en la recolección y análisis de la voz del cliente, y el equilibrio de las necesidades de los clientes con las potencialidades de la empresa (CHAN e WU, 2005). Este procedimiento es capaz de revelar información relevante del producto o servicio de forma sistemática, eliminando la toma de decisiones meramente intuitivas (GOVERS, 1996, BERNNER, 2003).

Hoy se ha convertido en una herramienta esencial para conectar las necesidades del cliente con todos los sectores de desarrollo y fabricación del producto o servicio, para atender a todas las necesidades del consumidor. Hay varios formatos de matriz QFD o casa de calidad como se muestra en la figura 6, pero su capacidad de adaptación a un problema lo hace un sistema confiable.

El formato generalmente se compone de seis etapas principales: definición del objetivo, voz del cliente, planificación de la calidad, voz del diseñador y priorización de las características técnicas corregidas (TAPKE 2009).

⁷ CHENG, L.G. QFD: planeamiento de calidad. Belo horizonte: UFMG, Escuela de ingenieros mecánicos UFMG. 2007.

Figura 6. Casa de cualidades



Fuente: Adaptado de sharma e Rawani (2007) y Tapkeet al (2009)

La matriz QFD generalmente es dividida en 6 etapas:

1. Definición del objetivo: la definición del objetivo es lo que mantiene al equipo enfocado en las exigencias del cliente, buscando una acción de cada esfuerzo del QFD así cada equipo se responsabiliza por una única tarea controlable, buscando atender las especificaciones con mayor calidad (PRAIZLER, 1993).
2. Voz del cliente: Según Kano citado por Cheng ⁸, después de la definición de los objetivos y la definición del equipo, el siguiente paso es el método conocido como la voz del cliente. Este objetivo es indicar y clasificar diversos ítems de calidad del producto según la percepción de los clientes, como plantean GUINTA Y PRAIZLER (1993). Los requisitos o cualidades esperadas por el cliente, como dicen los japoneses, en la matriz QFD se toman como elementos de una lista, cada uno de estos ítems expresa lo que el cliente desea, pudiendo ser una característica del producto, servicio o problema a ser resuelto. Para cada ítem de calidad exigida debe ser realizado en forma de cuestionamiento ¿cuáles son las características del producto? ¿que miden técnicamente el ítem de calidad

⁸ CHENG, L.G. QFD: planeamiento de calidad. Belo horizonte: UFMG, Escuela de ingenieros mecánicos UFMG. 2007

exigida?, de este modo es posible verificar las características de la calidad que miden y satisfacen las cualidades exigidas⁹.

3. Planeamiento de calidad: después de escuchar al cliente y elaborar la tabla de la calidad requerida, se debe planificar la calidad de los datos de cada ítem como grado de importancia, grado de rendimiento, nivel de rendimiento de la competencia, plan de calidad, índice de mejora, argumento de venta, peso absoluto y peso relativo. Según Cheng¹⁰ la matriz de calidad tiene un significado muy importante, pues es a través de ella que se realiza la traducción del mundo de los clientes al lenguaje práctico, así la voz de los clientes se transforma en planificación de la calidad.
4. Voz del diseñador: una vez identificados y cuantificados los ítems de calidad exigida, el proyectista tiene los elementos suficientes para definir las mejores características de calidad y los requisitos técnicos, que buscan satisfacer los ítems de calidad¹¹

Esta matriz interconecta dos mundos por una relación de causa y efecto, estos mundos son el del cliente y el de la tecnología. El mundo del cliente está representado por la tabla de desdoblamiento, calidad requerida y calidad planificada. El mundo de la tecnología es un compuesto por proyecto básico formado por la tabla de desdoblamiento de las características de la calidad proyectada¹².

5. Priorización de las características técnicas: para unificar estos dos mundos se hace uso de la priorización de las características técnicas por medio de señales y valores semejantes, es acertado y son calculados los valores que ira acondicionar el proyectista a escala con símbolos o colores (RIBEIRO 2001).

⁹ Ibid

¹⁰ Ibid.

¹¹ CHENG, L.G. QFD: planeamiento de calidad. Belo horizonte: UFMG, Escuela de ingenieros mecánicos UFMG. 2007

¹² Ibid

Para el cálculo del valor de la priorización técnica se usa la siguiente ecuación 1:

$$P_t = \sum_{i=1}^n (P_a F_r) \quad (1)$$

Donde:

Pt = Prioridad Técnica.

Pa= Peso Absoluto de Calidad Exigida.

Fr= Fuerza de relación entre la calidad exigida y las características de la calidad.

6. Priorización de las Características Técnicas Corregidas: Según Ribeiro (2001), después de la prioridad técnica se realizan las correcciones necesarias con la priorización de las características técnicas corregidas, para esta etapa se utiliza el grado de dificultad y la evaluación competitiva, de esta forma se propone la ecuación 2:

$$P_T^* = P_t \sqrt{G_d} \sqrt{A_c} \quad (2)$$

Donde:

P_t^* =Prioridad Técnica corregida.

P_t =Prioridad Técnica

G_d = Grado de dificultad (dificultad para cambiar las especificaciones de las características de calidad), puede ser asumido valores de:

Muy difícil = 0; difícil= 1; moderado = 1,5; y fácil = 2

A_c = Evaluación competitiva (el producto o servicio se compara con la competencia, considerando las características de calidad), se puede asumir valores de:

Por encima de la competencia= 0,5; similar a la competencia =1; por debajo de la competencia= 1,5; muy por debajo de la competencia= 2

De acuerdo con AKAO¹³, SULLIVAN (1986) Y Ribeiro (2001), la matriz QFD es un método que auxilia la transformación de la demanda en requisitos técnicos apropiados para cada etapa de desarrollo y fabricación de un nuevo producto, formando una importante base para el perfeccionamiento de productos ya existentes.

AKAO¹⁴ definió QFD como un método que tiene por fin establecer la calidad del proyecto, realizar el desdoblamiento del proyecto y de los puntos prioritarios hasta la etapa de producción, garantizando la calidad y la satisfacción total del cliente. CHENG¹⁵ y MELO FILHO (2007) resaltaron que, además de la satisfacción del cliente, la matriz QFD induce a la construcción de un sistema robusto de desarrollo de producto en las organizaciones.

La tabla 1 Muestra la parte de la matriz de calidad por la cual la voz del cliente se introduce en el desarrollo del producto, siendo donde se planea cómo el producto debe atender las solicitudes de los clientes.

Tabla 1. Requisitos del cliente

Requisitos del cliente	Grado de importancia				evaluacion clientes			cualidad planificada			
	cliente	interno empresa	necesidades futuras	general	nuestra empresa	competidor x	competidor y	plano de calidad	indice de mejora	punto de venta	peso absoluto

Fuente: RIBEIRO (2016)

¹³ AKAO, Y. (Ed). Despliegue de la función de calidad: integrando los requisitos del cliente en el diseño del producto. Trad. Glenn H. Mazur. 1992

¹⁴ AKAO, Y. (Ed). Despliegue de la función de calidad: integrando los requisitos del cliente en el diseño del producto. Trad. Glenn H. Mazur.1996

¹⁵ CHENG, L.G. QFD: planeamiento de calidad. Belo horizonte: UFMG, Escuela de ingenieros mecánicos UFMG.1996.

El desarrollo de esta tabla implica el siguiente conjunto de pasos:

- a) Levantamiento de los deseos de los clientes y la conversión de estos deseos en los requisitos: Los requisitos de los clientes son las expresiones lingüísticas de los clientes, convertidas (cuantitativamente) en necesidades reales. Los requisitos deben ser obtenidos por medio de investigaciones de mercado. Sin embargo, no siempre los requisitos son obtenidos directamente de los clientes, pudiendo ser generados dentro de la propia empresa, por medio de la experiencia mercadológica de sus colaboradores e investigación en publicaciones técnicas.
- b) Los requerimientos deben ser organizados y jerarquizados: para ello, las herramientas de diagrama de afinidades y diagrama de árbol se pueden utilizar. La tabla 2 muestra un ejemplo de desdoblamiento de requisitos para un zapato masculino a partir de datos primarios.

Tabla 2. Desdoblamiento de requisitos del cliente.

Requisitos del cliente primario	Requisitos del cliente secundario
Ser comodo	leve
	suave
	confortable
Ser duradero	resistente-duro
	mantiene una apariencia de nuevo

Fuente: RIBEIRO (2016)

- c) Definición de prioridades desde la perspectiva de los clientes: en esta etapa, el objetivo es identificar el grado de importancia que los clientes dan normalmente, se obtiene directamente con los clientes, que atribuyen una “nota” a cada requisito. Esa nota obedece a una escala numérica predeterminada (normalmente de 1 a 5), que puede ser relativa o absoluta, la escala es relativa cuando la importancia de cada requisito en comparación con los demás es más elevada.

La escala es absoluta cuando el cliente analiza la influencia de cada requisito en su aplicación y en el caso de que se produzca un cambio en la calidad de información, se debe tener en cuenta que, es mejor optar por una escala absoluta. La tabla 3 ilustra los requisitos con la asignación de grado de importancia. Cuando el número de cliente es pequeño, estadísticamente no permite la búsqueda por escrito, el equipo de QFD puede utilizar la técnica AHP- Analytical Hierarchy Process (proceso de jerarquía analítica) descrita por OHFUJI, para determinar la importancia de los requisitos de los clientes. Esta técnica sistematiza la comparación entre los requisitos estableciendo un medio eficaz para determinar la importancia relativa de estos.

Tabla 3. Requisitos con grado de importancia.

Requisitos del cliente primario	Requisitos del cliente secundario	Grado de importancia
Ser comodo	leve	3
	suave	4
	confortable	4
Ser duradero	resistente-duro	4
	mantiene una apariencia de nuevo	5

Fuente: RIBEIRO (2016)

d) Definición de prioridades considerando demandas internas a la empresa: En esta etapa, se buscan evaluar los requisitos de la empresa. La clasificación de los atributos según lo propuesto por Kano (calidad obvia, lineal y emocionante) puede ser útil. En esta etapa, la definición por la empresa del grado de importancia de los requisitos debe tener en cuenta que: (1) la comparación entre productos se da fundamentalmente en la evaluación de las cualidades lineales; (2) las cualidades obvias sólo son percibidas cuando están ausentes; (3) las cualidades emocionantes seducen a los clientes, permitiendo al producto “escapar” de la comparación racional, o al menos disminuyendo el poder de esa comparación.

- e) Identificación del grado de importancia – general: Es el valor final del grado de importancia de cada requisito, definido en función del análisis de los tres ítems anteriores. Es importante resaltar que su cálculo no debe hacerse a través de medida aritmética o ponderada, pero sí a través de un análisis cualitativo. Solo el grado de importancia general será considerado para efecto de cálculo de los pesos relativo y absoluto.
- f) Evaluación competitiva del cliente: Asumiendo nuestra empresa, un competidor X y un competidor Y, la evaluación competitiva del cliente en una investigación de mercado, busca identificar como los clientes perciben el desempeño del producto actual de la empresa, en comparación con los principales competidores. Esta búsqueda puede utilizar una escala relativa o absoluta (normalmente de 1 a 5). Sin embargo, aquí la escala relativa es más fácil para el cliente principalmente cuando hay una clara diferencia en el rendimiento. La tabla 4 ilustra el análisis para el ejemplo anterior.

Tabla 4. Evaluación competitiva por el cliente

Requisitos del cliente primario	Requisitos del cliente secundario	Grado de importancia	EVALUACION COMPETITIVA DE LOS CLIENTES		
			Nuestra Empresa	Empresa X	Empresa Y
Ser comodo	leve	3	3	5	2
	suave	4	3	5	3
	confortable	4	4	4	2
Ser duradero	resistente-duro	4	4	5	5
	mantiene una apariencia de nuevo	5	5	1	3

Fuente: RIBEIRO (2016)

- g) *Plano de calidad de los requisitos y índice de mejora*: En esta fase, el objetivo es la planificación del desempeño del producto en desarrollo, para cada requisito de los clientes. Es el plano de calidad que la estrategia de la empresa inserta en el desarrollo del producto. El plan de calidad debe ser definido después del análisis de la evaluación competitiva del cliente y del grado de importancia del requisito. Es expresado por una nota (de 1 a 5) referente al

desempeño del producto en aquel requisito deseado por la empresa, en comparación con la competencia. A partir de la definición del plan de calidad, el índice de mejora es la dificultad de insertar en la importancia final de los requisitos (peso absoluto y relativo) la intención de la empresa, es decir, el plan estratégico de la empresa. Este índice está determinado por la división del desempeño deseado para nuestro producto, determinado en el plano de la calidad, por las "notas" obtenidas para el desempeño del mismo, que están contabilizadas en la columna "nuestra empresa" de la "evaluación competitiva del cliente". Refleja cuántas veces nuestro producto necesita mejorar su desempeño, frente a la competencia, en un determinado requisito, para alcanzar la situación planificada.

Tabla 5. Índice de mejora de los requisitos.

			EVALUACION COMPETITIVA DE LOS CLIENTES				
Requisitos del cliente primario	Requisitos del cliente secundario	Grado de importancia	Nuestra Empresa	Empresa X	Empresa Y	plano de cualidad	indice de mejora
Ser comodo	leve	3	3	5	2	3	1
	suave	4	3	5	3	5	1,7
	confortable	4	4	4	2	4	1
Ser duradero	resistente-duro	4	4	5	5	5	1,3
	mantiene una apariencia de nue	5	5	1	3	5	1

Fuente: RIBEIRO (2016)

- h) Argumento de venta: El argumento de venta es una ponderación hecha por la empresa, especialmente por el área comercial, sobre el llamamiento que un determinado requisito presenta para potenciar la aceptación a las ventas del producto. Normalmente, se asigna peso 1,5 para un fuerte argumento de ventas y 1,2 para un argumento de ventas medio.
- i) Peso absoluto y relativo de los requisitos: Finalmente, calcular el peso de cada requisito, que corresponde al producto entre el grado de importancia, índice de mejora y argumento de ventas. El peso representa la prioridad de atención a partir de la ponderación entre la voz del cliente y la estrategia de la empresa

para conquistar el mercado. El peso relativo (Ec. 4) corresponde a la transformación de pesos absolutos (Ec. 3) en porcentajes.

$$\text{Peso absoluto} =$$

Grado de importancia x Índice de mejora x argumento de venta (3)

$$\text{Peso relativo} = \text{Peso absoluto} \times 100 \quad (4)$$

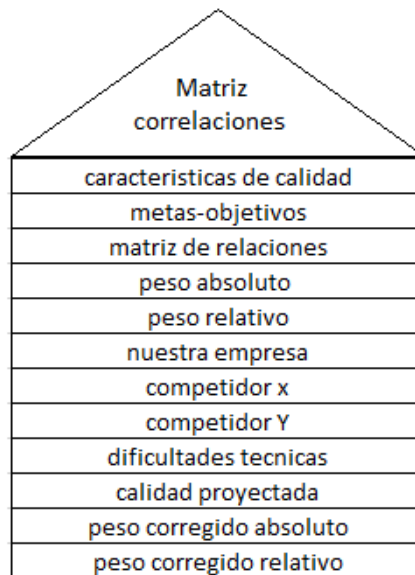
Tabla 6. Tabla completa de requisitos del cliente

			EVALUACION COMPETITIVA DE LOS CLIENTES							
Requisitos del cliente primario	Requisitos del cliente secundario	Grado de importancia	Nuestra Empresa	Empresa X	Empresa Y	plano de cualidad	indice de mejora	argumento de venta	peso absoluto	Peso relativo (%)
Ser comodo	leve	3	3	5	2	3	1	1,2	3,6	12,7
	suave	4	3	5	3	5	1,7	1,5	10	35,2
	confortable	4	4	4	2	4	1	1,2	4,8	16,9
Ser duradero	resistente-duro	4	4	5	5	5	1,3	1	5	17,6
	mantiene una apariencia de nue	5	5	1	3	5	1	1	5	17,6
Total									28,4	100

Fuente: RIBEIRO (2016)

Características de la calidad y matriz de relaciones: El equipo de QFD debe extraer, a partir de los requisitos, características técnicas de calidad del producto, relacionarlas entre sí y convertir los pesos de los requisitos en pesos de las características. Es decir, en ese momento el objetivo es traducir la "voz de los clientes" a "voz de los ingenieros", transformando los requisitos de los clientes en características de proyecto que sean capaces de componer un hardware y establecer la calidad proyectada.

Figura 7. Características de cualidades.



Fuente: RIBEIRO (2016).

- a) *Extracción de las características de calidad:* Las características técnicas del producto pueden ser divididas en elementos de la calidad y características de calidad. Las características de calidad se definen como ítems que deben ser medidos en el producto para verificar si la calidad exigida está siendo cumplida. La voz de los clientes debe ser transformada en características de calidad. Las características de calidad son características técnicas y características sustitutivas para el producto final. Los elementos de la calidad se definen como elementos no cuantificables, capaces de evaluar la calidad del producto (elementos intermediarios entre la calidad exigida y las características de calidad). Un diagrama en árbol puede ser usado para representar las relaciones entre los elementos de calidad y las características de calidad, como se muestra en la tabla 7, para el ejemplo de la tabla 2.

Tabla 7. Elementos y características de la calidad extraídos a partir de los requisitos.

Numero de ciclo hasta la ruptura	Resistencia de la suela
Densidad	Confort de suela
Absorcion de impacto	
Hebilla	calcetin
Resistencia a la abrasion	Acabado del cuero
Brillo	
Numero de cliclos hasta plegar	
Espesor de la espuma	Formacion interna
Elastisidad	

Fuente: RIBEIRO (2016)

- b)** Definición de metas-objetivos de las características de calidad: Las metas tienen dos objetivos. El primero es determinar si las características de calidad son medibles y definir las unidades de medida.

El segundo es indicar qué tipo de razonamiento lleva a la fijación del valor ideal para cada característica de calidad. Existen características de calidad cuyos valores de desempeño pueden ser razonados en la base del "cuanto mayor, mejor" (potencia de un coche deportivo, por ejemplo). Para otras, se debe buscar un valor objetivo, específico, o nominal (por ejemplo, se tiene el voltaje de un aparato eléctrico). La tabla 8 ilustra la simbología utilizada para indicar el valor de la meta. Es importante resaltar que, en ese momento, no se está todavía buscando definir el valor ideal, sino apenas descubrir cómo razonar para determinarse ese valor ideal. Si no es posible definir la meta -objetivo para determinada característica, esa característica no es cuantitativa. Se debe, entonces, reanudar el desdoblamiento de ese elemento de calidad para transformarlo en una verdadera característica de calidad.

- d)** Construcción de matriz de relaciones: La matriz de relaciones se compone de celdas formadas por la intersección de cada requisito de los clientes con cada característica de calidad. Su función es permitir la identificación de cómo y cuánto cada característica de la calidad influye en la atención de cada requisito de los clientes. Si existe alguna relación entre requisito y característica, normalmente la intensidad de la relación es clasificada como fuerte, media o débil, recibiendo una nota respectivamente de 9, 3 o 1. La matriz de relaciones debe cumplirse con la participación de todos los miembros del equipo de QFD, que deben obtener consenso sobre la intensidad de las relaciones. Las relaciones pueden ser identificadas no sólo por el consenso del equipo, basado en la experiencia de sus miembros, sino también por respuestas de clientes, por análisis de datos estadísticos y por experimentos controlados. En la tabla 9 se ilustran las relaciones y las intensidades de las mismas, identificadas para el ejemplo de las tablas 7 y 2.
- e)** Calculo de peso absoluto y peso relativo: El peso absoluto de cada característica de la calidad es obtenido por el proceso de conversión del peso del requisito en peso de la característica. Para ello, inicialmente se multiplica la nota de la relación identificada entre el requisito y la característica se obtiene por la suma del producto entre la intensidad de la relación y el peso del requisito, como se indica en la tabla 10. A partir del peso absoluto obtenido, se obtiene el peso relativo, porcentaje en relación al total. La figura 11 ilustra el cálculo del peso relativo a partir de las relaciones identificadas en la tabla 9 y el peso relativo de los requisitos identificados en la tabla 5.

Tabla 9. Matriz de relaciones.

	Numero de ciclo hasta la ruptura	Resistencia de la suela	Densidad	Confort de suela	calcetin	Acabado del cuero	Formacion interna		
	Absorcion de impacto			Hebilla	Resistencia a la abrasion	Brillo	Numero de ciclos hasta plegar	Espesor de la espuma	Elasticidad
Leve			9						
Suave			3	3				9	9
Confortable				3	9				
Resistente-duro				1		3		9	3
Mantiene una apariencia de nuevo	9				9	9			3

Fuente: RIBEIRO (2016).

Tabla 10. Proceso de obtención del peso absoluto de las características a partir del peso relativo de los requisitos.

Tabla de requisitos					Tabla de características				Peso requisito	
.....	3								14	
.....									23	
.....		9	3						44	
.....			9						...	

Fuente: RIBEIRO (2016).

Tabla 11. Calculo de peso absoluto y relativo de las características de calidad.

	Resistencia de la suela		Confort de suela		Acabado del cuero		Formacion interna		
	Numero de ciclo hasta la ruptura	Densidad	Absorcion de impacto	Hebilla	Resistencia a la abrasion	Brillo	Numero de cliclos hasta plegar	Espesor de la espuma	Elastisidad
Leve		9							
Suave		3	3					9	9
Confortable			3	9					
Resistente-duro			1		3		9		3
Mantiene una apariencia de nuevo	9				9	9			3
Peso absoluto	158	220	174	152	211	158	158	317	423
Peso relativo	8,04	11	8,82	7,7	11	8	8	16	21
									</

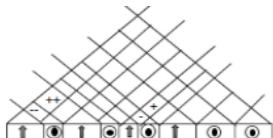
Fuente: RIBEIRO (2016).

- f) *Evaluación competitiva técnica:* En esta fase, el desempeño de los productos bajo la óptica de la ingeniería, considerando las características técnicas, es evaluado y comparado con la competencia. El objetivo es evaluar técnicamente el producto, teniendo en vista la evaluación competitiva hecha por los clientes sobre el desempeño del producto con base en los requisitos identificados. Por lo tanto, la evaluación competitiva técnica consiste en medir, en cada producto que ha sido sometido a la evaluación competitiva de los clientes y también en los productos de los competidores, el valor real de cada característica de calidad. Las evaluaciones son coherentes entre si cuando el rendimiento técnico “explica” las notas asignadas por los clientes para el desempeño relativo de cada producto.

- g) Factor de dificultad técnica y peso corregido de las características:** De modo general, ese factor es una nota que expresa la dificultad tecnológica que la empresa tendría para obtener el valor determinado para las características de calidad, con la confiabilidad proyectada y con el costo objetivado, lo que determina cuáles son las características que probablemente requieren el mayor compromiso de esfuerzos y recursos en la obtención de su calidad proyectada. El factor de dificultad técnica es utilizada en la matriz de la calidad para corregir el peso de las características de calidad. Sin embargo, esta corrección del peso de cada característica de calidad se puede hacer de dos maneras: o se atribuye mayor importancia a aquellas características que implican una menor dificultad técnica, o se atribuye mayor importancia a aquellas características que obtienen su calidad proyectada en una mayor dificultad técnica. En el primer caso, la escala del factor es inversamente proporcional a la dificultad de obtener los valores definidos para las características de calidad. El razonamiento que determina la utilización de la escala inversamente proporcional es la priorización de las características técnicas, que comprometen demasiado el tiempo de desarrollo y los recursos disponibles (no exigen el desenvolvimiento de una tecnología muy diferente de la actualmente utilizada). Por otro lado, la empresa pueden considerar estratégico invertir en el desarrollo de tecnología para la mejora del producto en características cuya dificultad técnica es mayor. En ese caso, la escala del factor de dificultad técnica es directamente proporcional a la dificultad.
- h) Calidad proyectada:** Proyectar la calidad significa planear los valores de las características de calidad del producto en desarrollo. En la matriz QFD, tales valores se denominan valores-meta o valores-objetivo. Los valores meta deben ser capaces de satisfacer las necesidades de los clientes, mejorando la posición competitiva del producto en el mercado. Esto significa que estos valores deben reflejar la planificación estratégica para el producto que, a su vez, es representado por el índice de mejora de los requisitos de los clientes.

La tabla 12 ilustra la matriz de la calidad completa para el ejemplo desarrollado. Se debe observar que no es inusual ver aplicaciones de la matriz de la calidad con algunas simplificaciones, por ejemplo, no incluyendo factores como argumento de venta, evaluación competitiva o grado de dificultad técnica. El equipo de QFD debe evaluar, principalmente en función del tipo y complejidad del producto, cuál es la necesidad de desenvolvimiento.

Tabla 12. Matriz de calidad completa QFD (conceptual)

Requisito del cliente primario	Requisito del cliente secundario											Evaluación												
		Numero de cido hasta la ruptura	Densidad	Absorcion de impacto	Habilidad	Resistencia a la abrasion	Brillo	Numero de cliclos hasta plegar	Epesor de la espuma	Elasticidad	Resistencia de la suela	Confort de suela	calceetin	Acabado del cuero	Formacion interna	Grado de importancia	Nuestra Empresa	Empresa X	Empresa Y	Plano de calidad	Indice de mejora	Argumento de venta	Peso absoluto	Peso relativo
Ser comodo	leve		9							3	3				3	3	5	2	3	1	1,2	3,6	13	
	suave			3	3										4	3	5	3	5	2	1,5	10	35	
	confortable				3										4	4	4	2	4	1	1,2	4,8	17	
Ser duradero	resistente-duro	9					3		9						3	4	4	4	5	5	1	1	5	18
	antiene una apariencia nueva						9	9							3	5	5	1	3	5	1	1	5	18
	Peso absoluto	158	220	174	152	211	158	158	317	423														
		Peso relativo	8,04	11	9	8	11	8	8	16	21													
		Nuestra empresa																						
		Empresa X																						
		Empresa Y																						
		Dificultades tecnicas																						
		Peso corregido																						
		calidad proyectada																						

Fuente: RIBEIRO (2016)..

3.9 SOFTWARE LABVIEW®

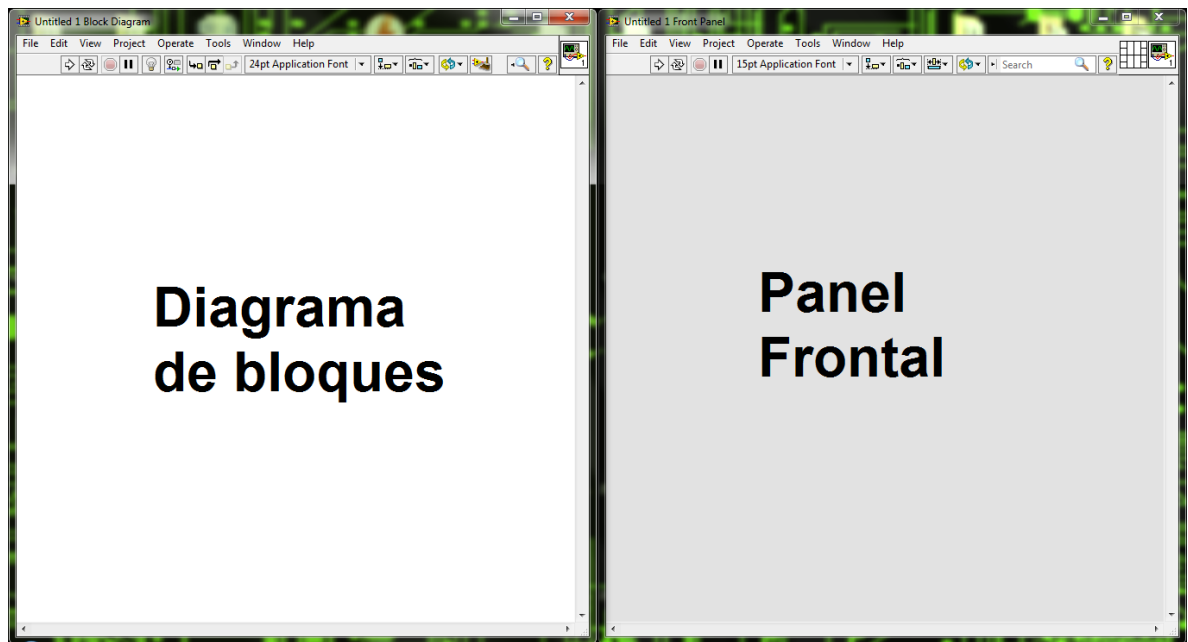
LabView® es un software de ingeniería creado para aplicaciones que requieren prueba, medición y control, con rápido acceso al hardware y la información obtenida a partir de los datos.

LabView® ofrece un enfoque de programación gráfica que ayuda a ver cada aspecto de su aplicación, incluida la configuración de hardware, los datos de medición y la depuración. Esta visualización hace que sea simple integrar el hardware de

medición de cualquier fabricante, representa lógica compleja en el diagrama, desarrollando algoritmos de análisis de datos y diseñar interfaces de usuario personalizadas para la ingeniería.

Este software posee dos partes fundamentales como lo muestra la figura.

Figura 8. Ventanas del software LabView



Fuente:<https://www.google.com.br/search?q=DIAGRAMA+DE+BLOQUE+DEL+SOFTWARE+LABVIEW&tbm>.

3.10 SERVO MOTOR

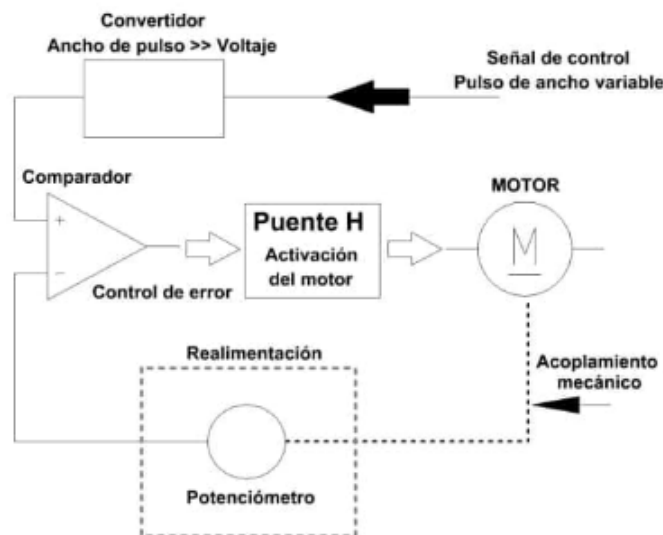
Es un tipo especial de motor que permite graduar diferentes posiciones y tener movilidad dentro de su rango de operación en distintos tipos de Angulo, y luego mantenerse fijo en el eje de la estructura.

El servo motor está conformado por un motor y un circuito dentro del motor, en el cual posee potencia proporcional para cargas metálicas, mientras que un servo tiene un consumo de energía reducido.

Las partes que conforman un servo motor son:

- Motor eléctrico: es el que permite generar movimiento desde su eje.
- Potenciómetro: está conectado con el eje central y permite enviar la señal en todo momento, indicando el ángulo en que se encuentra el eje del motor.
- Sistema de regulación: se encuentra formado por engranajes y permite aumentar la velocidad y el par permite disminuirlas.
- Sistema de control: controla el movimiento del motor generando pulsos eléctricos.

Figura 9. Funcionamiento de un servomotor.



Fuente: <https://clr.es/blog/es/servomotor-cuando-se-utiliza/funcionamiento>

4. METODOLOGÍA

Este estudio fue realizado en la Universidad Federal De Lavras, situada en el sur de Minas Gerais (Brasil), en el laboratorio “Bioingeniería aplicada a rehabilitación humana – BERH” del programa de Ingeniería Mecánica. Hace parte del proyecto general que tiene una duración total de 24 meses.

Se realizó el montaje de una matriz QFD, en la que se enumeraron los requisitos del cliente (RC) y requisitos del producto (RP). Por medio de correlaciones entre estos requisitos y criterios de evaluación de las respuestas sobre las características del producto, es posible observar y concluir qué características son relevantes para el producto final. En este caso, los clientes son los profesionales del área de la salud que manejarán el producto, el soporte de peso corporal. Así, primero se realizó la confección de una matriz QFD basada en artículos científicos, clínicas y profesionales de la salud acerca del SPC y de las características más relevantes en el desarrollo de la estructura.

También se realizó el proyecto virtual 3d y el modelado, en el que se aplicaron las herramientas de diseño paramétrico en el software Topsolid® y el modelado virtual para atender a la demanda de los profesionales con conocimiento sobre el SPC. En esta etapa se obtuvieron los dimensionamientos del SPC, pensando en adaptabilidad, amplio público, objetivo y en el análisis de elementos finitos (computer aided engineering). Este análisis se da por la discretización del cuerpo, haciendo aplicables soluciones numéricas para analizar la estructura del modelo virtual, pudiendo resolver problemas de desplazamientos, tensión y deformación.

A partir del diseño fueron propuestos los materiales para el producto, de tal forma que permitan la reducción de costos y mejora en el modelado del sistema. Una vez definidos todos los parámetros, se construirá el prototipo del modelo.

También se desarrolló un sistema de adquisición para recoger datos de carga en kN, ángulo de articulación de la rodilla en el desarrollo y tipo de toque al pisar la estera ergométrica. Estos datos fueron utilizados para determinar el menor tiempo posible de rehabilitación a los individuos con restricción de marcha.

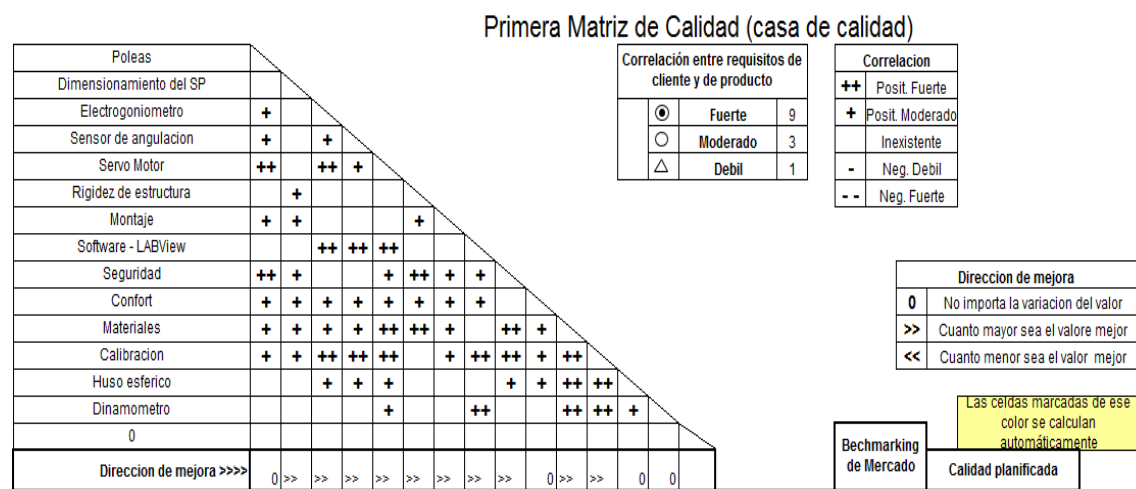
La adquisición de la fuerza aplicada para elevación se obtuvo por medio de un dinamómetro. La adquisición del ángulo de articulación fue suministrada por un goniómetro eléctrico de salida digital de 0 - 5v, en este caso, la señal digital es adquirida y procesada por una placa de adquisición. La señal de tensión y corriente son adquiridos de forma analógica directamente del servo motor responsable en el SPC.

La programación de adquisición de los datos fue desarrollada en software LabView®.

5. ANALISIS DE RESULTADOS.

Matriz (QFD) del soporte de peso.

Figura 10. Matriz de correlaciones y valor de meta-objetivo



Fuente. Autor

Figura 11. Elementos y características de la calidad.

Poleas
Dimensionamiento del sp
Electrogoniometro
Sensor de angulacion
Servo Motor
Rigidez da estrutura
Montage
Software - LABView
Seguridad
Confort
Materiales
Calibracion
Huso esferico
Dinamometro
Cliente
Kano (interno)
Grado de importancia(general)
Nuestro Producto
competidor del sur
Dinamometro
Plan
Índice de mejora
Argumento de ventas
Peso absoluto
Peso relativo

Fuente. Autor

Figura 12. Requisitos del cliente

RC: Requisitos do Cliente	configuracion	Regulacion a la altura del chaleco
		Adaptabilidad a las diversas esteras
	seguridad	Estabilidad
		Estrutura Rígida
	confort	chaleco confiable
		Chaleco confortável
		Facilidad en la adquisicion de datos
	Facilidades	Soporte para los brazos
		Facilidad de montaje
		Sistema de trabas para las partes indep.
	Software	Sistema de adquis. De datos para las rodillas
		Sistema de adquis. De datos para tobillos
		Sistema de aquis. De datos para a descarna
	Accesibilidad financiera	Bajo costo de adquisicion.
	Durabilidad	Componente de calida con amplio ciclo de vida
		Material de estructura no oxidande
	Apariencia	Diseño diferenciado del mercado
		Diseño ergonomico

Fuente: Autor

Figura 13. Matriz de relaciones del soporte de peso

Regulacion a la altura del chaleco	3	3	9	9	9				3	9		9	9	9		5	O	5	5	4	4	4	0,8	1,5	6	5,6	
Adaptabilidad a las diversas esteras	3	9				3	9		3	1		9				4	O	4	5	1	2	5	1,0	1,5	6	5,6	
Estabilidad	1	9			9	9	9	9	9	9	9	3	9			5	O	5	5	3	4	5	1,0	1,5	7,5	7	
Estrutura Rígida						9	3		9	9	9	9		9		4	O	4	5	3	4	5	1,0	1,5	6	5,6	
chaleco confiable	9					3	3		9	3	3		9			3	O	4	4	3	4	5	1,3	1,2	6	5,6	
Chaleco confortável						3				9	9					4	E	3	3	3	4	3	1,0	1,0	3	2,8	
Facilidad en la adquisicion de datos	3		9	9	9	9	3	9			9	9	3	9		5	E	5	4	1	2	4	1,0	1,5	7,5	7	
Soporte para los brazos		9					3		9	9		3				4	O	4	4	1	3	4	1,0	1,5	6	5,6	
Facilidad de montaje	3	9				3	3	9		9	9	3	3	3		5	L	5	5	3	2	5	1,0	1,5	7,5	7	
Sistema de trabas para las partes indep.		9				9	9		9		3	3				4	O	5	4	2	1	5	1,3	1,2	7,5	7	
Sistema de adqu. De datos para las rodillas				9	3	1	1	9			3	3	9		9		4	E	4	4	1	1	4	1,0	1,2	4,8	4,5
Sistema de adquis. De dados para tobillos				9	3	1	1	9			3	3	9		9		4	E	4	4	5	5	4	1,0	1,2	4,8	4,5
Sistema de aquis. De dados para a descarna			9	3	3	1	1	9			3	3	9		9		4	E	4	4	3	4	4	1,0	1,2	4,8	4,5
Bajo costo de adquisicion.	1	9	3	3	9	9	3	9		1	9	9	9	3		5	O	5	5	4	3	5	1,0	1,5	7,5	7	
Componente de calida con amplio ciclo de vida	9		9	9	9	9	3		9	3	9	3	9	3		5	E	5	5	4	4	5	1,0	1,5	7,5	7	
Material de estructura no oxidande	9					9	9		9	3	9		9			5	O	5	5	4	4	5	1,0	1,5	7,5	7	
Diseño diferenciado del mercado		3				1	9			9			9			3	L	3	4	3	3	4	1,0	1,2	3,6	3,4	
Diseño ergonomico		3				3	9		3	9						4	E	3	4	2	2	4	1,0	1,2	3,6	3,4	
Grado del importancia (producto)	300	370	238	292	364	442	366	310	500	393	427	499	332	327	####											107	100
Porcentaie	5,8	7,2	4,6	5,7	7,1	8,6	7,1	6,0	9,7	7,6	8,3	9,7	6,4	6,3	100,0												

Fuente: Autor.

Figura 14. Benchmarking (Técnico de producto)

Bechmarking Técnico de Produto	Grado del importancia (producto)	300	370	238	292	364	442	366	310	500	393	427	499	332	327	###
	Porcentaje	5,8	7,2	4,6	5,7	7,1	8,6	7,1	6,0	9,7	7,6	8,3	9,7	6,4	6,3	100,0
	Unidad	S.N	m	Pa	graus	N.m	S.N	S.N	S.N	S.N	S.N	S.N	S.N	S.N	N	
	Nuestro producto (si existe)	1	-	1	4	1	-	-	1	-	-	-	-	1	1	
	competidor del sur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Dinamometro	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	
Plan (valor meta)		4	4	3	3	4	5	4	4	5	4	5	5	4	4	
Dificultada Tecnica/Rutilizacion		3	4	3	3	3	4	4	5	4	5	3	5	3	3	

RP: Requisitos del producto (Calidad proyectada / Características técnicas del producto)

Fuente: Autor.

El principal objetivo de la matriz QFD, figuras 10 a 14, es entender la necesidad que tenía el cliente para la adquisición de materiales del soporte de peso. Se observaron los requisitos del cliente, los requisitos del producto, y la calidad planificada, las cuales tuvieron un resultado extremadamente acertado.

Por medio de la matriz de correlaciones se obtuvo la calificación de cada parte utilizada en el SP, la cual arrojó un alto grado de importancia para cada una de estas.

De acuerdo a la matriz Casa de cualidades, el alcance fue ++ POSITIVO FUERTE, indicando que cada parte del soporte de peso es adecuado para su fabricación y tiene un bajo costo.

La dirección de mejora es de 0 %, ya que cada característica del SP cumple con las funciones propuestas. El índice de mejora fue de 1,3 y un argumento de venta máximo de 1,5; lo cual permite deducir que, si el soporte de peso sale al mercado, los clientes podrán adquirirlo a un costo económico y este cumplirá todas las necesidades requeridas por ellos, debido a que el porcentaje total del análisis es de 100%.

Labview

Es considerado un programa de elementos virtuales. Por medio de este software se simuló el soporte de peso real, sus funciones y las características demostradas en la matriz QFD.

Diagrama frontal

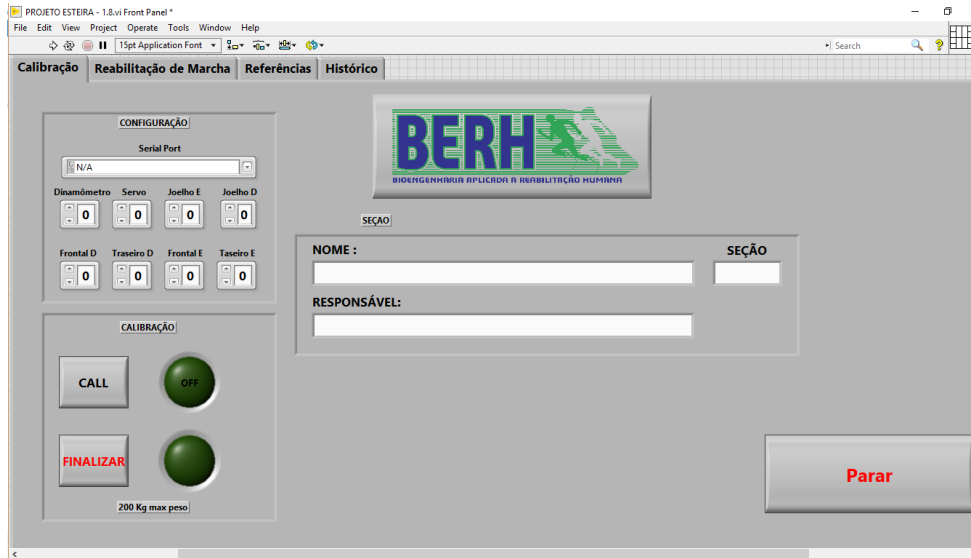
La ventana del panel frontal es un interfaz de usuario. Es donde el fisioterapeuta se comunica con el software y da las indicaciones para el funcionamiento del SP.

En las figuras 15 a 17 se ilustra el panel frontal y las etapas del programa, es decir, la calibración, la rehabilitación en marcha, las referencias y el histórico del paciente, el cual puede ser observado por el fisioterapeuta y analizar el estado en que se encuentra el paciente.

Etapas del programa

Calibración: es considerado una de las funciones más importantes de este software, ya que, por medio de la fijación del peso, permite calibrar el SP a través de controladores específicos, como el dinamómetro, el servomotor y la normal que va sujeta a la tensión para encontrar un punto estable. Como se ilustra en la Figura 15, se encuentran los interruptores de *Inicio* para comenzar la marcha y *Final* para terminarla, para realizar una parada de emergencia en caso de un mal funcionamiento del equipo.

Figura 15. Calibración del software LabView®

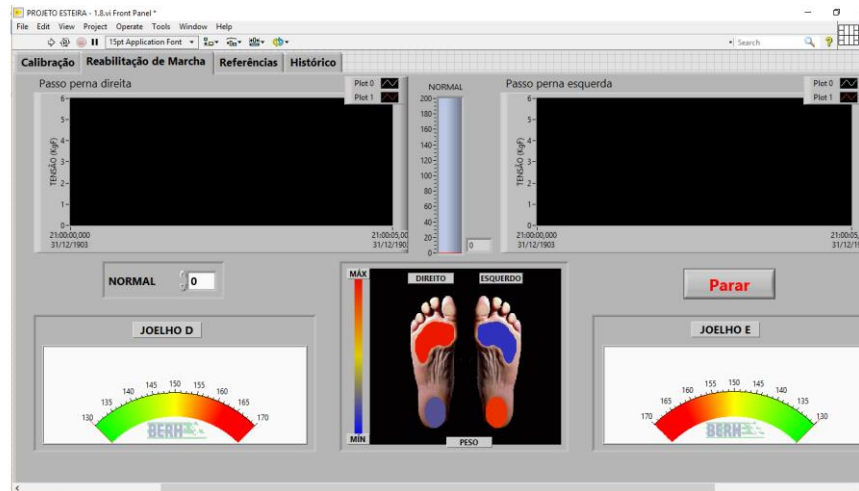


Fuente: Universidad Federal de Lavras (software LabView® 2017)

Rehabilitación de la marcha: el fisioterapeuta procede a realizar el análisis en tiempo real de la persona en marcha (Figura 16). Teniendo en cuenta que la normal y la tensión se encuentren en equilibrio, se procede a ejecutar el proceso de rehabilitación. Durante el movimiento del paciente el fisioterapeuta observara cuáles serán las falencias y ventajas que tiene a la hora de realizar su marcha, ya que por medio del sensor electro goniómetro permite ver si hay un elevado ángulo entre un pie y el otro. Además, por medio del sensor de presión se dará cuenta en cual pie ejerce más presión, si el derecho o el izquierdo (adelante o atrás).

El software también posee un sensor de colores que le permite observar la variación de intensidad que tiene el paciente a la hora de la marcha. El color azul muestra que la marcha se está ejecutando correctamente y el rojo que no se está cumpliendo dicho proceso, y por medio de las gráficas se calcula la diferencia entre las crestas y valles para linealizar el movimiento.

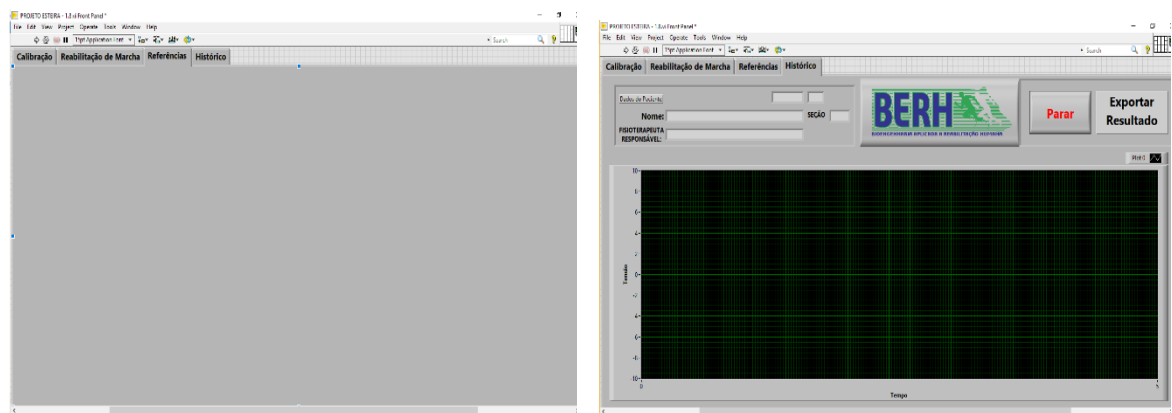
Figura 16. Rehabilitación de la Marcha



Fuente: Universidad Federal de Lavras (software LabView® 2017)

Referencia e histórico: en esta ventana se observara la historia del paciente, el inicio y el final. Se mostrará todo el proceso de rehabilitación, los cálculos, pesos, evolución y número de secciones que tuvo que realizar el paciente para cumplir con su objetivo. También los datos personales y gráficos del proceso, como se muestra en la figura 17.

Figura 17. Referencias e Historia.



Fuente: Universidad Federal de Lavras (software LabView® 2017)

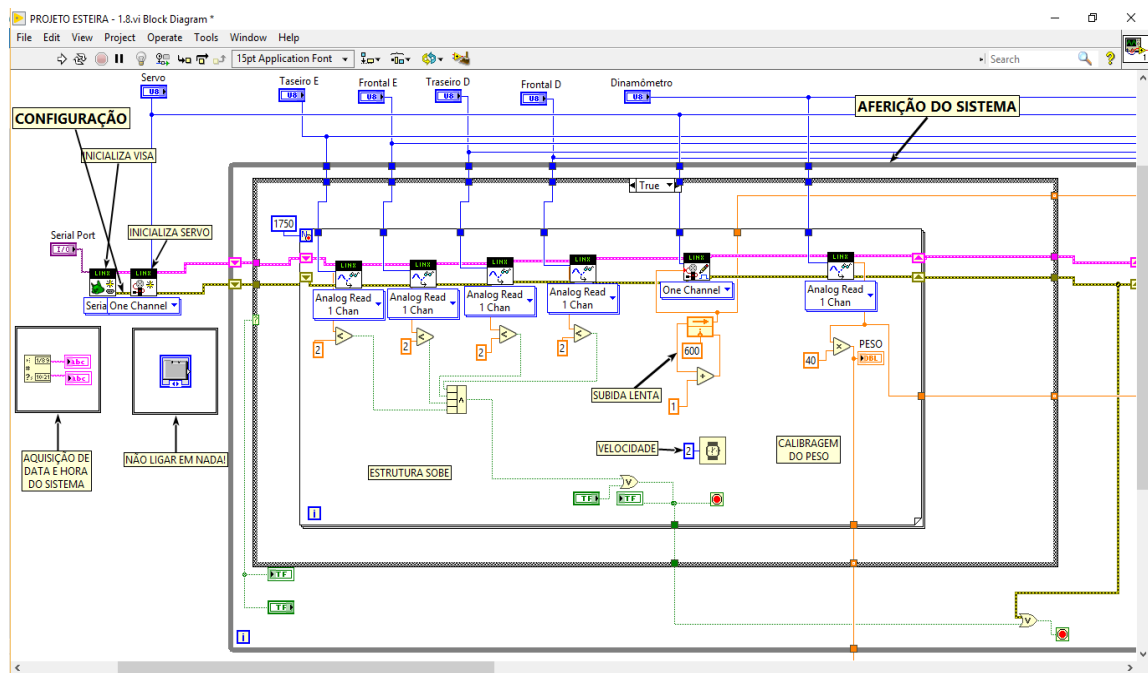
Diagrama de Bloques

Los objetos del diagrama de bloques del software LabView® son similares en apariencia y modo de operación a los instrumentos físicos, como el osciloscopio y los multímetros. LabView® posee un conjunto completo de herramientas para la adquisición de datos y maneja unos conceptos preliminares como lo son el:

- Controles e indicadores
- Terminales
- Constante
- Velocidades
- Algoritmos

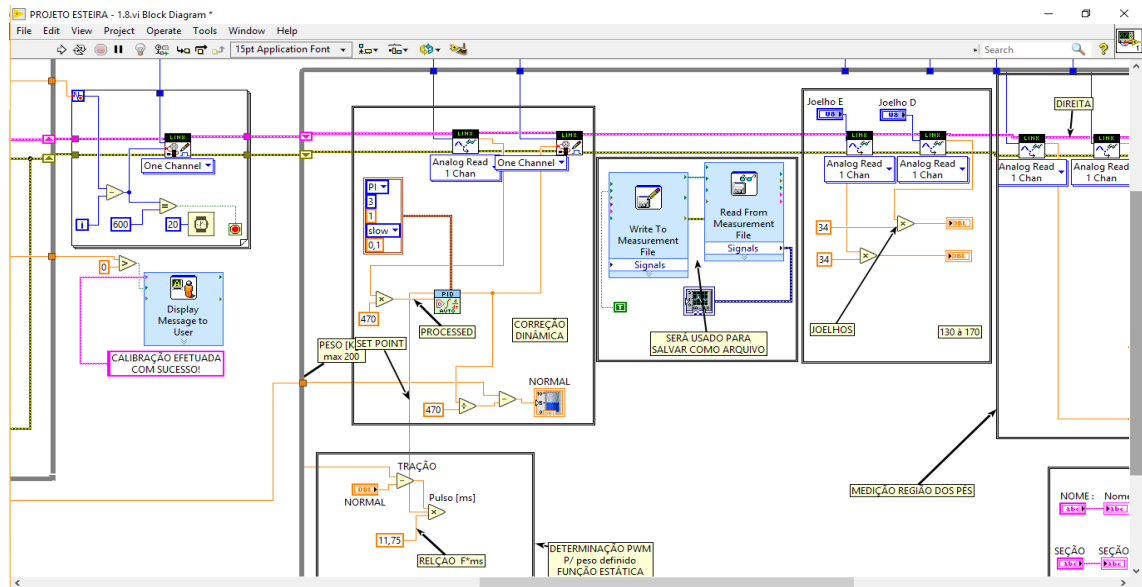
En las figura 18 a la 20 se ilustra el diagrama de bloques aplicado al soporte de peso para personas discapacitadas.

Figura 18. Diagrama de bloques de calibración



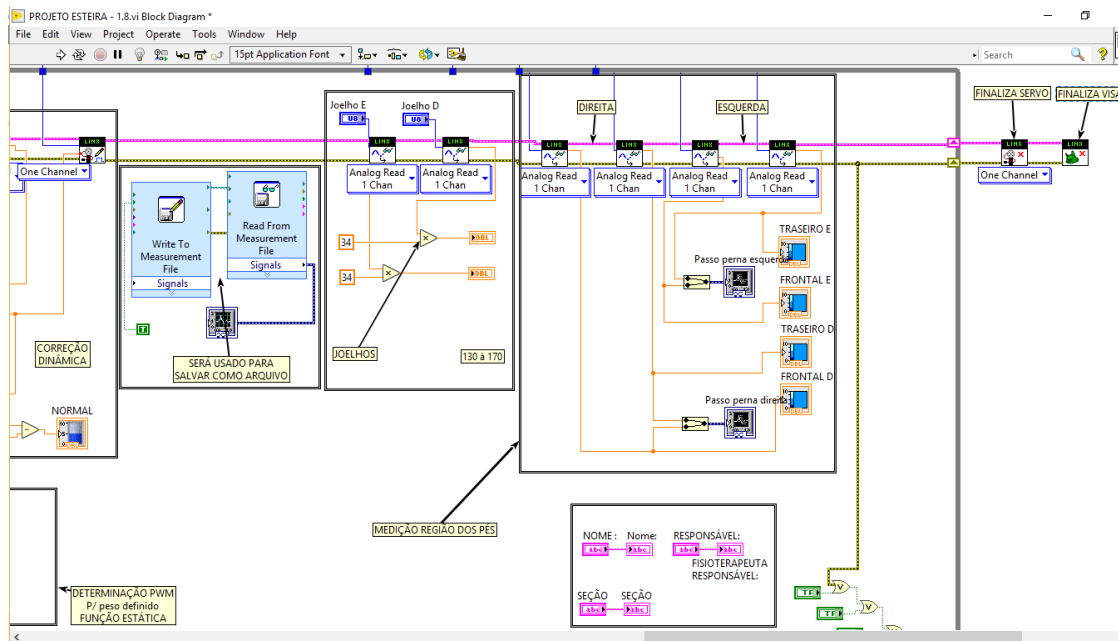
Fuente: Universidad Federal de Lavras (software LabiVew® 2017)

Figura 19. Diagrama de bloque de Rehabilitación en Marcha.



Fuente: Universidad Federal de Lavras (software LabiView®)

Figura 20. Diagrama de bloques del proyectista.



Fuente: Universidad Federal de Lavras (software LabiView®)

Materiales

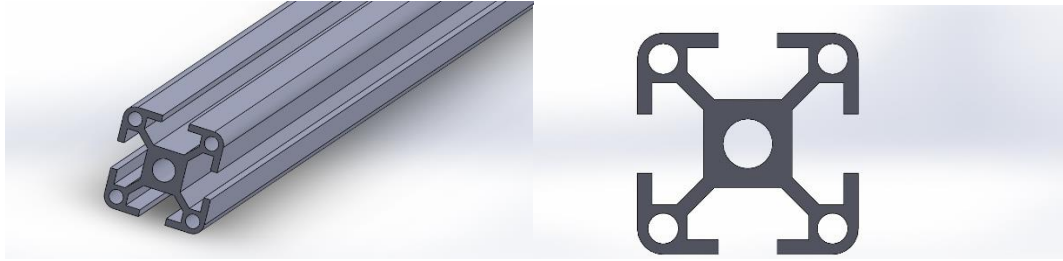
Se determinó que la aleación de aluminio 6063-T5 posee (aluminio-silicio-magnesio) con mayor número de factores que atienden al proyecto, siendo que la densidad es una propiedad de gran importancia. Debido a su bajo peso propio, se convierte en un excelente material para las estructuras móviles, donde el peso propio tiene fundamental importancia en las cargas totales del proyecto. Así también posee ventajas sobre el acero en la fabricación, transporte y montaje. Por sus características propias, el aluminio es entre los materiales comercialmente encontrados el de mayor tasa resistencia/peso. Por lo tanto, el uso del aluminio en perfiles estructurales puede proporcionar una estructura metálica económica (figura 21 a 23).

Figura 21. Modelado Preliminar SPC.



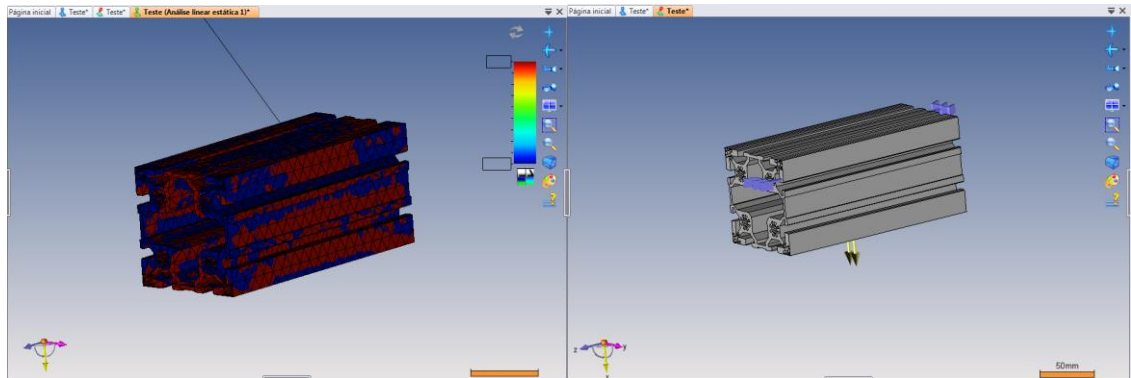
Fuente: Autor.

Figura 22. Aluminio Estructural 30x30 240mm (Modelo conceptual)



Fuente: Autor.

Figura 23. Prueba de análisis lineal estático. (Modelos conceptual)



Fuente: Autor.

Figura 24 .Tipo de rueda y selección de freno.



Fuente: catalogo schioppa 2010.

El equipo utilizará dos pares de ruedas con cabezal giratorio, con control de dirección y freno en la parte posterior para mayor seguridad. Con la consulta del catálogo del fabricante Schioppa fue posible identificar los modelos a utilizar. Rueda giratoria: GLE 412 BPE y freno de pedal tipo G, diámetro de 101,6 mm, capacidad de carga de 833,8 N (capacidad en masa 85 kg) por rueda, eje con rodamiento de bolas y ruedas en compuesto termoplástico con PVC. El tipo de fijación seleccionado fue el de espiga roscada $\frac{1}{2}$ "NC x 64mm longitud, por presentar mayor compatibilidad con la base del soporte, donde será fijado (SCHIOPPA, 2010).

Cuerda o cordelete

Las cuerdas o cordelete son uno de los elementos más importantes para la práctica de las técnicas verticales, pues sin una cuerda de buena calidad, dentro de las especificaciones y validez de uso, el usuario estará sujeto a riesgos, tales como: el desgaste acelerado de la capa externa o su ruptura; la ruptura de las fibras internas del alma; el resecamiento de las fibras, el acondicionamiento indebido. También debe tenerse en cuenta el tipo de actividad practicada en la elección de la cuerda pudiendo ser: estáticas o dinámica. La cuerda es fabricada de fibras de material sintético (poliamida, polietileno, polipropileno, etc.), siendo encontrado en diversos diámetros y longitudes estandarizadas. Sus características principales son resistencia, maleabilidad y elasticidad, las cuales son responsables de la absorción del impacto resultante de una posible caída.

Figura 25. Cuerda para soporte de peso.



Fuente: <https://www.francobordo.com/cabo-flotante-polietileno-naranja-p-3650.html>

La cuerda fue elegida de acuerdo con la necesidad del proyecto, que al principio, debería tener alta maleabilidad, alta resistencia a la tracción y resistencia a acciones del tiempo (corrosión). Antes de su elección fue comparada con el cable de acero, el cual fue descartado al inicio del estudio debido a sus posibles distorsiones (como doblado y amasado), además de la corrosión. Después de la elección de la cuerda como elemento de sustentación de los pacientes, se seleccionó el diámetro de acuerdo con las necesidades del proyecto, relacionadas con el uso que tendría el soporte de peso, la escala industrial y los desgastes. En el análisis de los parámetros, se determinó que el diámetro ideal para la cuerda es 9 mm.

Tabla 13. Diámetros de la cuerda (Fabrica de cuerdas BRAZILIANROPES)

Ø Diámetro	9mm	10 mm	11 mm
Carga de Ruptura sin nudo (kg)	-	2.670	3.000
Carga de Ruptura con (kg)	1.464	1.633	1.875
Peso (g/m)	56,60	63,60	77,50
Masa Relativa de la cubierta (%)	39,43	36,32	33,29
Masa Relativa del alma (%)	60,57	63,68	66,71
Tensión Máxima (Kg/mm²)	23,00	20,8	18,72
Área nominal (mm²)	63,60	70,50	94,98

Fuente: Autor.

El equipo posibilitará al profesional de Fisioterapia una mayor atención al paciente, pues su peso estará parcialmente soportado por el equipo.

Ficha técnica del servo motor

El servo motor que se utilizara posee las siguientes características.

Tabla 14. Ficha técnica Mectrol (Brasil)

Empresa proveedora	Mectrol
Precio (Peso colombiano/Real brasileiro)	
	8.967.336 11.549 reais
Contato	
Dirección: Av. Raja Gabaglia, 4859	
País :BELO HORIZONTE/Minas Gerais	
CEP: 30360-663	
Tel: +55 (31) 3657-0507	

Email: ventasmg@mectrol.com.br

Ficha Técnica

Artículos incluidos	llave, freno, cable flexible D2s
Servomotor	750 W
Modelo	Maxi Speedy
Marca	HIWIN
Voltaje	220V
Encode	13 bits, 17 bits ou 21 bits
Entrada de pulso de alta frecuencia con opción	24V,12V Y 5V
Alta respuesta de aceleración	
Motor tamaño del cuadro	80mm
Diámetro del eje estándar	19mm
Potencia nominal de salida	750 W
Máximo torque	07:19 Nm
Velocidad nominal	3000 rpm
Máxima velocidad	5000 rpm
corriente nominal	5.10 A
Max. Corriente instantánea	15.3 A
Inercia del rotor	1.13x10 ⁻⁴ kg.m ²
Torque constante	12.47 Nm/A
Radial máxima carga	245 N
Potencia con freno	48.4 KW/s

Fuente: Autor

- Compensación de backlash y compensación por mapa de error.
- Supresión de vibración y compensación de fricción.
- Control de freno integrado.
- Parametrización dedicada sin lista de parámetros.
- Ajuste por concepto de ganancia común.
- Osciloscopio en tiempo real de 8 canales.
- Compatibilización de frecuencia por reducción electrónica y emulador de encoder.
- Entradas y salidas digitales configurables.
- Controlador embarcado con variables disponibles en Modbus.

Figura 26. Servo motor



Fuente: Modelo Maxi Speedy <https://www.google.com.br/search?biw=1366&bih=662&tbm=isch&sa=1&ei=TBtzW7bABs2vwgSnxJT4Cg&q=servomotor+modelo++MAXI+Speedy++750w>

Motor basculante

Tabla 15. Ficha técnica Mundo Max (Brasil)

Empresa proveedora		Mundo Max
Precio (Peso colombiano/Real brasileiro)		
311.746.68 pesos		339,00 reais
Modelo		Taurus Lift Maxi
Marca		RCG
Voltaje		127V
Velocidad		1750RPM
Motor		Monofásico
Tamaño		1,4m hasta 2,3m altura
Frecuencia		433,92 MHZ
Potencia		183,875 W
Relé Termostato		carga Max: 450kg

El motor basculante es un dispositivo que protege el motor de sobrecalentamiento y se caracteriza por tener incorporado un relé termostático. Cuando esto ocurre, las

láminas bimetálicas se calientan, ocasionando la deformación y haciendo que se active el relé.

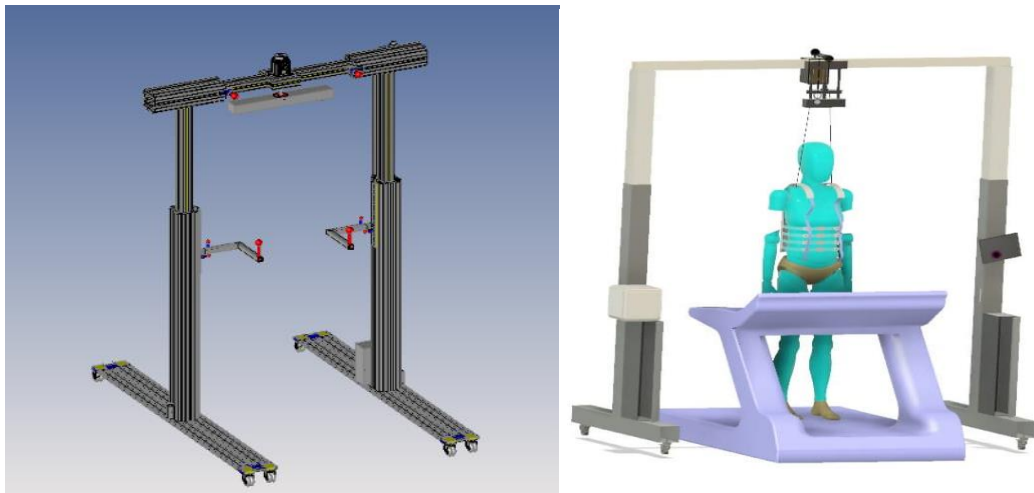
Figura 27. Motor basculante



Fuente: Taurus Lift Maxi https://www.mundomax.com.br/motor-para-portao-basculante-127v-taurus-lift-maxi-preto-rcg?utm_source=googlesearch&utm_medium=cpc&utm_term=1394&utm_campaign=Motores+para+Portao&gclid=Cj0KCQjwpcLZBRCnARIsAMPBgF2AN8ZSSsFOX2dsIUfLPNEK0fpicvy6x_dxflZWPqwYL3Dq8RGaU5laAiEyEALw_wcB).

Soporte de Peso Detallado

Figura 28. Spc Detallado

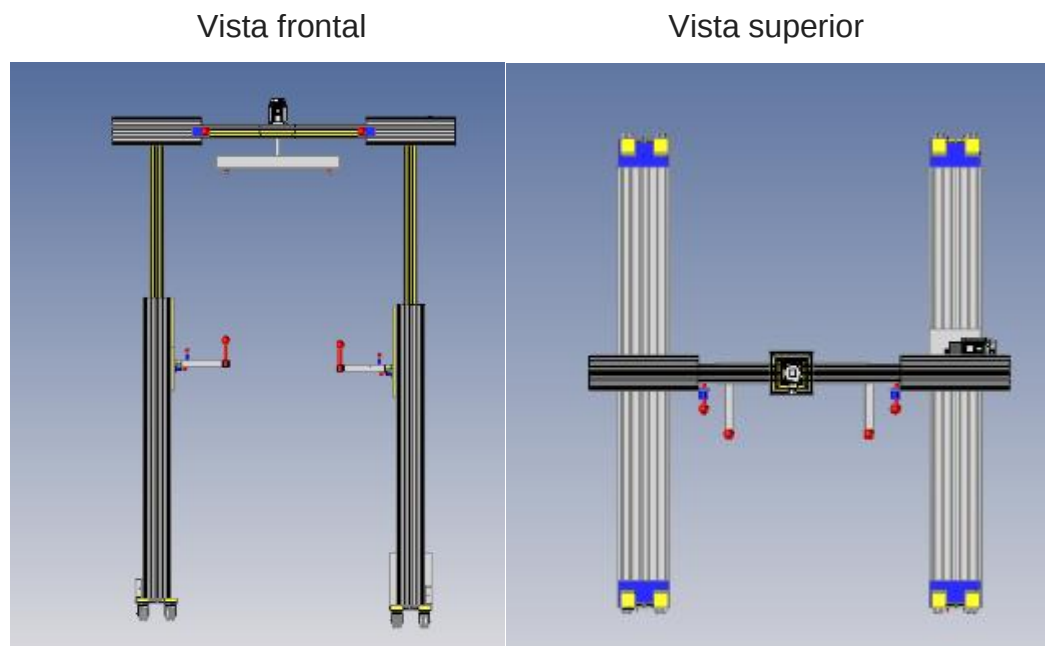


Fuente: Autor.

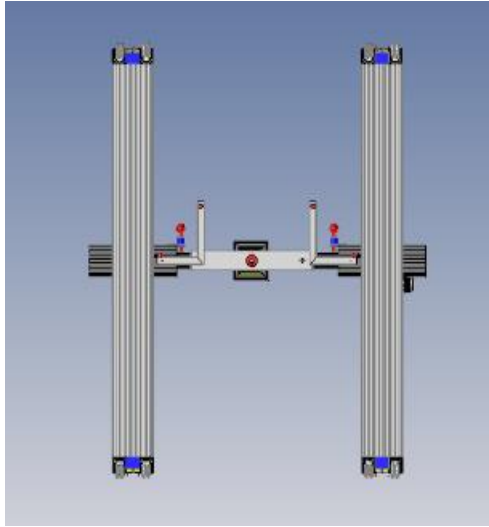
El equipo de soporte de peso corporal del proyecto tiene características de un pórtico, fabricado en tubos de perfil rectangular. Además de la estructura serán fabricados apoyos para los brazos con articulaciones para mayor comodidad. Este equipo será adoptado de dimensiones que van a propiciar que una silla de ruedas entre en su vano, así como algunos modelos de esteras ergométricas.

La estructura estará apoyada en rodillos para facilitar su movimiento en un piso de superficie plana y sin obstáculos. En este proyecto se especificó un gancho para facilitar el levantamiento del paciente de forma gradual, sin el riesgo de eventuales caídas, debido a la existencia de un sistema de freno. El cinturón de seguridad se diseñó de acuerdo con la capacidad máxima de peso en 981 N (capacidad en masa 200 kg más) del diseño, así como el trapecio que permite la estabilización de dos puntos de fijación con la ayuda de mosquetones fijos al cinturón de seguridad. La conexión del cinturón con el torno de eje vertical será hecha a través de un lazo que pasara en roldanas.

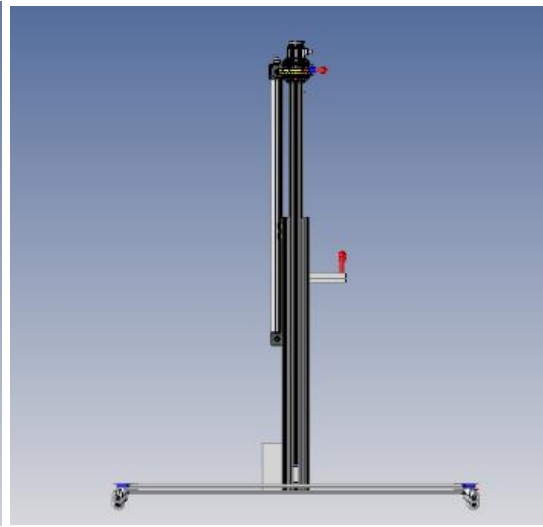
Figura 29. Estructura



Vista inferior



vista lateral



Fuente: Autor.

El cinturón de seguridad recomendado es del tipo paracaidismo con 4 (cuatro) puntos de anclaje, confeccionado en cinta de material sintético (poliéster) y dos asas en los hombros en cinta de material sintético acolchado y recubierto con tejido macerado para facilitar la transpiración en los hombros y en la cintura. Contiene dos asas delanteras a la altura del pecho para el punto de anclaje. Contiene 3 (tres) anillas en "D", ubicadas en el lateral del cinturón para posicionamiento y una dorsal en el centro de la espalda a la altura de los hombros, como se muestra en la figura 30.

Figura 30. Cinturón de soporte de peso.



Fuente: [https://www.google.com.br/search?q=Cinto+Altiseg+Ama zonas+Elektra&source](https://www.google.com.br/search?q=Cinto+Altiseg+Ama+zonas+Elektra&source)

Su elección basada en equipo para desplazamiento seguro en altura, posicionamiento, prevención y parada de caída. Este cinturón de seguridad se puede utilizar con uno o varios de los siguientes accesorios: dispositivo de bloqueo, protección contra caída, aparatos de ascenso y descenso controlado por cuerdas y suspensores (utilizado) para espacios confinados.

6. CONCLUSIONES

- Se modeló por medio del programa Topsolid® el diseño paramétrico del soporte de peso corporal que ayuda a la rehabilitación humana a generar una mejor marcha por medio de capacitaciones y fisioterapias.
- Se realizó el desenvolvimiento de la Matriz QFD en la cual logramos determinar las pautas que el cliente (FISOTERAPEUTAS, HOSPITALES, CENTRO DE REHABILITACION) esperan del soporte de peso corporal. Se determinó que no posee índice de mejora debido a que el grado de importancia es superior al 100%, en general todos los requerimientos tuvieron un alto índice de correlaciones con los requisitos de fabricación.
- Se reforzaron los métodos de diseño y ensambles para la realización del soporte de peso detallado en Topsolid®. Se determinó que el material más adecuado es una aleación 6063-T5 para la estructura, que es una mezcla de (aluminio-silicio-magnesio) con unos porcentaje de Si (0,2 y 0,6) Y Mg (0,45 y 0,9), ya que esta aleación posee una propiedades mecánicas muy resistentes y permite que la estructura sea más confortable.
- El uso del software LabView® le facilita al cliente la visualización del proceso de rehabilitación del individuo por medio de la automatización y programación sofisticada, mostrándole al fisioterapeuta los pasos, ángulos y peso del paciente. El soporte tiene un alto factor de seguridad en apoyo al peso del paciente.
- El soporte de peso cumple con un ángulo de giro entre 0 -180°, por medio del servo motor, permitiendo que el paciente pueda mover su cuerpo frente alguna anomalía.
- Entre las ventajas que podría tener el soporte de peso corporal para el desenvolvimiento en marcha y para su movilidad, se encuentran el uso de materiales maleables, con bajo índice de peso, prácticos, y económicos con respecto a los soportes de pesos existentes. Además, el soporte desarrollado

tiene la ventaja de ser más fácilmente desmontado respecto a los anteriores modelos, los cuales no cumplen esta función.

7. RECOMENDACIONES

- Para conocer el análisis estructural realizado en el programa ANSYS, se recomienda revisar las futuras publicaciones debido a que por motivos de propiedad intelectual (**PATENTE**) no puede ser mostrado en este informe.
- Se recomienda la realización de ensayos y pruebas con simuladores de peso, aplicándole carga al SPC para corroborar que el porcentaje de error sea mínimo.

BIBLIOGRAFIA

[1] MASINI, 2000 e CORDOVA, CESARINO, 2007. SOPORTE DE PESO.

[2] LUIZ CESAR RIBEIRO CARPINETTI, 2016, Edición 3ª. Gestión de calidad QFD. Departamento de ingeniería mecánica, Universidad de São paulo, campus san Carlos.

[3] AKAO, Y. 1990(Ed). Despliegue de la función de calidad: integrando los requisitos del cliente en el diseño del producto. Trad. Glenn H. Mazur.

[4] CHENG, L.G.1995 QFD: planeamiento de calidad. Belo horizonte: UFMG, Escuela de ingenieros mecánicos UFMG.

[5] OHFUJI T; ONO M; AKAO Y. 1997 métodos de desarrollo de la calidad. Belo horizonte. Escuela de ingeniería mecánica UFMG.

[6] ARAÚJO, R. C. Desenvolvimento e avaliação de um sistema de auxílio à reabilitação motora do membro superior após acidente vascular encefálico. 2011. 117f. Dissertação (Doutorado em Bioengenharia). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

[7] ALMENDRA, A.C. et al. Soldagem. São Paulo, 1997. HUTER-BEKER A, Dulkem M. Fisioterapia em neurologia. Trad. Hildegard T. Buckup. São Paulo: Ed. Santos, 2008.

[8] BECKER, A. H., DÖLKEN M. "Fisioterapia em neurologia." São Paulo: Santos (2008): 148.

- [9] BRINKSMEIER E. [et al.] Advances in modeling and simulation of grinding processes [Artigo] // Annals of the CIRP. - 2006. - 2 : Vol. 55. - pp. 667-696. Doi:10.1016/j.cirp.2006.10.003.
- [10] CENGEL, Y.A., CIBALA, “J. Fundamentos e aplicações”. São Paulo: Editora McGraw-Hill, 2007.
- [11] DAVIES, P, M. Passos a seguir. São Paulo, Manole, 1996.
- [12] GARDNER, M.B. et al. Partial body weight Support with Treadmill locomotion to improve gait after incomplete Spinal Cord Injury: A Single-Subject Experimental Design. Physical Therapy. Vol. 78. N. 4, pp 361-374,1998.
- [13] GREVE, J. M. D. Tratado de Medicina de Reabilitação. São Paulo: Roca, 2007.
- [14] IBARRA, Juan C. P. Controle de impedância adaptativo aplicado à reabilitação robótica do tornozelo. 2014. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de São Paulo, São Carlos. 2014.
- [16] HERR, Hugh. Exoskeletons and orthoses: classification, design challenges and future directions. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2009
- [17] KANDEL, E. R. et al. Principles of neural science. 5th ed. New York: Mc Graw-Hill. 2013.
- [18] KREBS, H. I.; HOGAN, N. Therapeutic robotics: A technology push. Proceedings of the IEEE, IEEE, vol.94, n.9, p. 1727 - 1738. 2006.
- [19] MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA DE GESTÃO DO TRABALHO E DA EDUCAÇÃO NA SAÚDE. Confecção e manutenção de órteses, próteses e meios

auxiliares de locomoção. 224p., 2013.

[20] NORDIN, Margareta; FRANKEL, Victor H. Biomecânica Básica do Sistema Musculoesquelético. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 401 p.

[21] OTTOBONI, Camila; FONTES, Sissy V.; FUKUJIMA, Marcia M.. Estudo Comparativo entre a Marcha Normal

[22] UMPHRED, Darcy. Reabilitação Neurológica. 4.ed. São Paulo: Editora Manole, 2004.

[23] WILSON, M.S. et al. Equipment specifications for supported treadmill ambulation training. Journal of Rehabilitation Research and Development, v. 37, no.

ANEXOS

Anexo A. Criterio de Kano

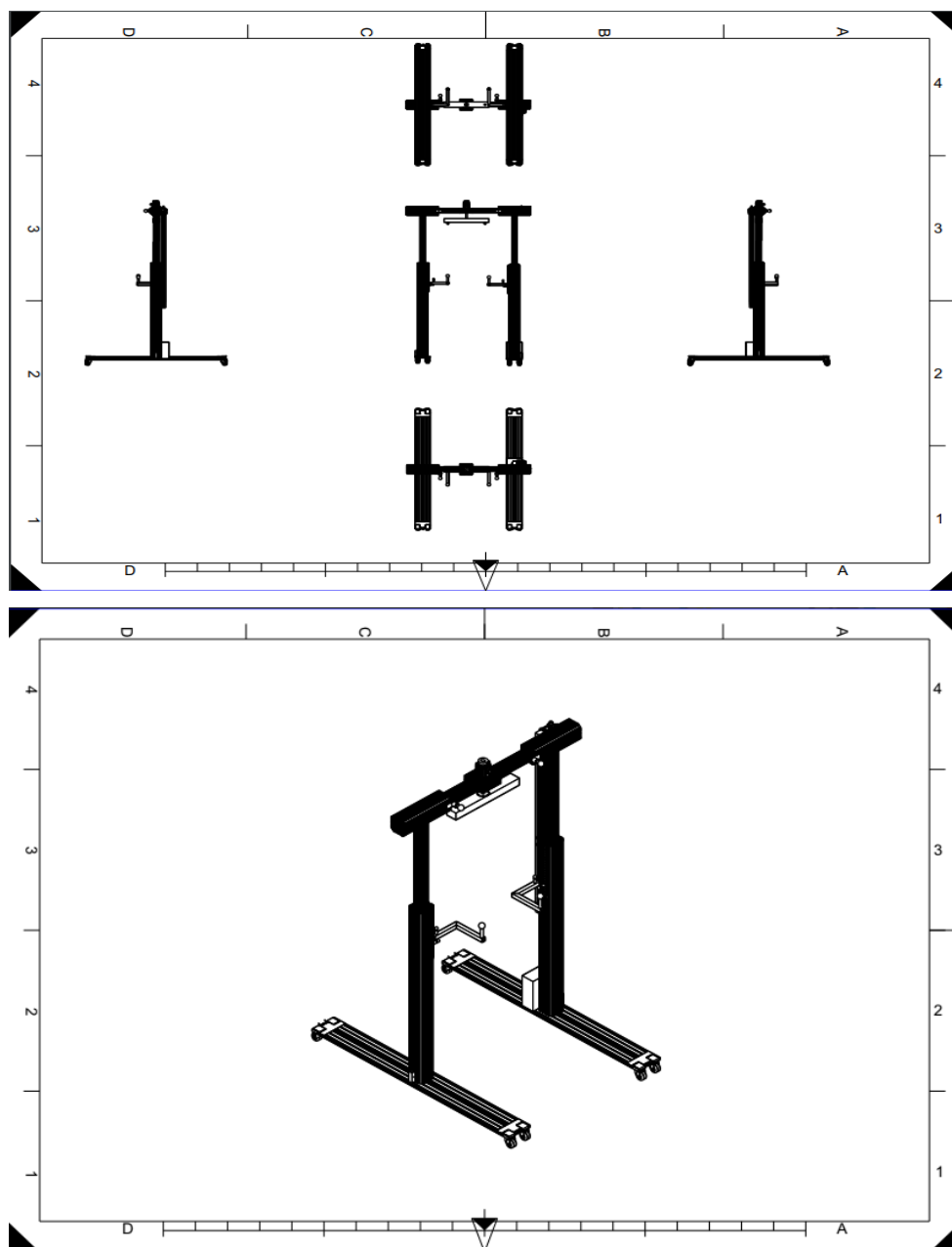
El criterio de kano fue desarrollado en 1980, este modelo proporciona información sobre la importancia que tiene el cliente frente al desempeño del producto o servicio, convirtiéndose en una poderosa herramienta para el control y gestión de calidad.

Criterio de kano

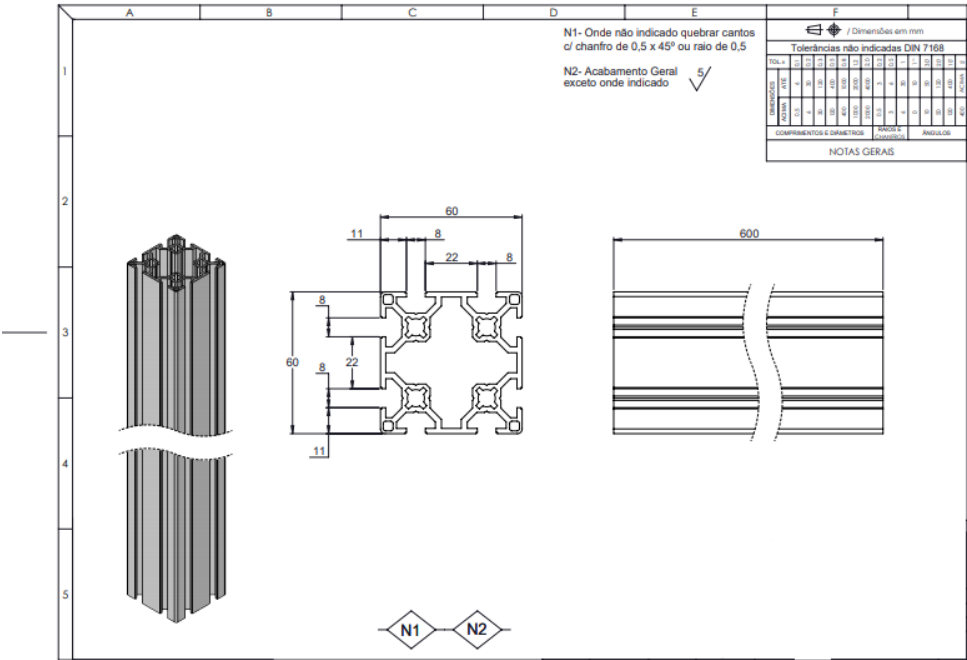
Nomenclatura	Criterio de kano	Description
I	Indiferente	Esta característica es indiferente al consumidor.
E	Emocionante	Son aquellas características que sorprenden de manera positiva el consumidor.
L	Lineal	Son los ítems que traen mayor satisfacción a los clientes a medida que aumenta el nivel de rendimiento del producto.
O	Obvia	Son aquellas características que son obvias, es decir, que el consumidor entiende que debe encontrar en su producto. El cliente no nota cuando su rendimiento es adecuado, sin embargo, provoca insatisfacción cuando su rendimiento no es suficiente.
R	Reversa	Indica un problema y se debe volver a preguntar al cliente.
Q	Resultado cuestionable	El resultado fue contradictorio, y, por lo tanto, se debe solicitar al consumidor una nueva respuesta o aclaraciones.

Anexos B. Planos detallados de los componentes de la estructura del soporte de peso corporal, vistas, dimensiones.

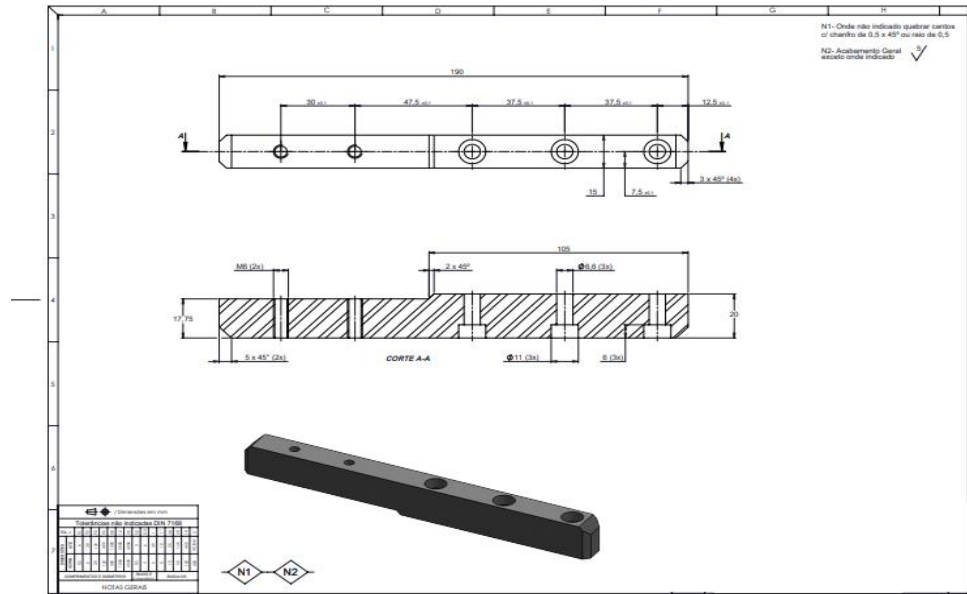
Vista isométrica SPC Detallado



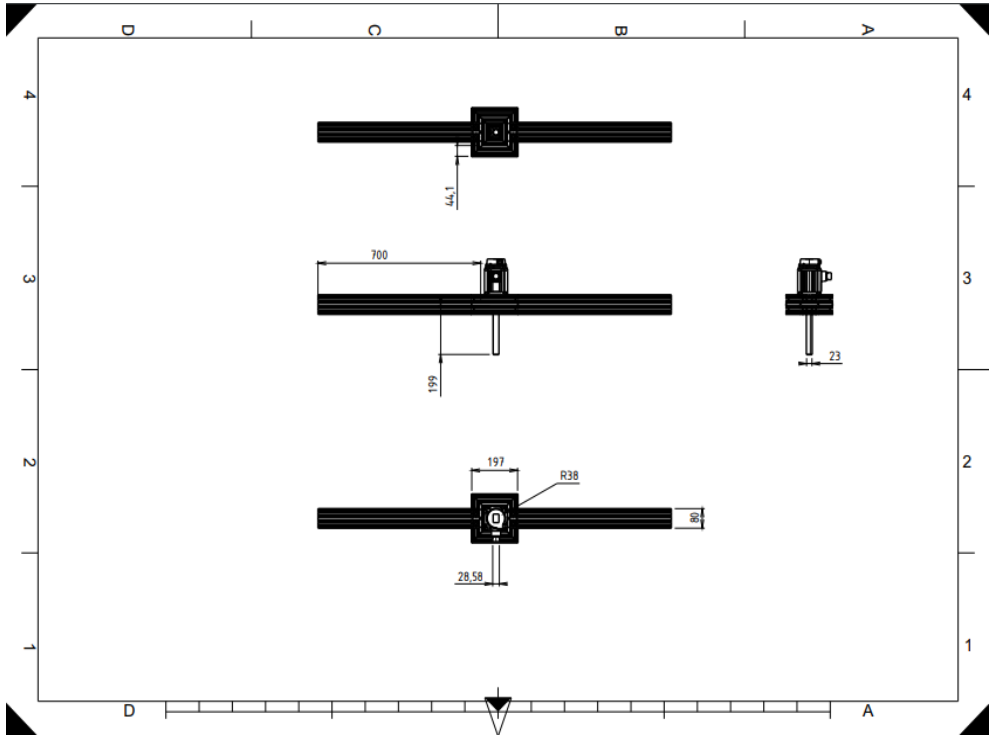
Perfil de sustentación del paciente



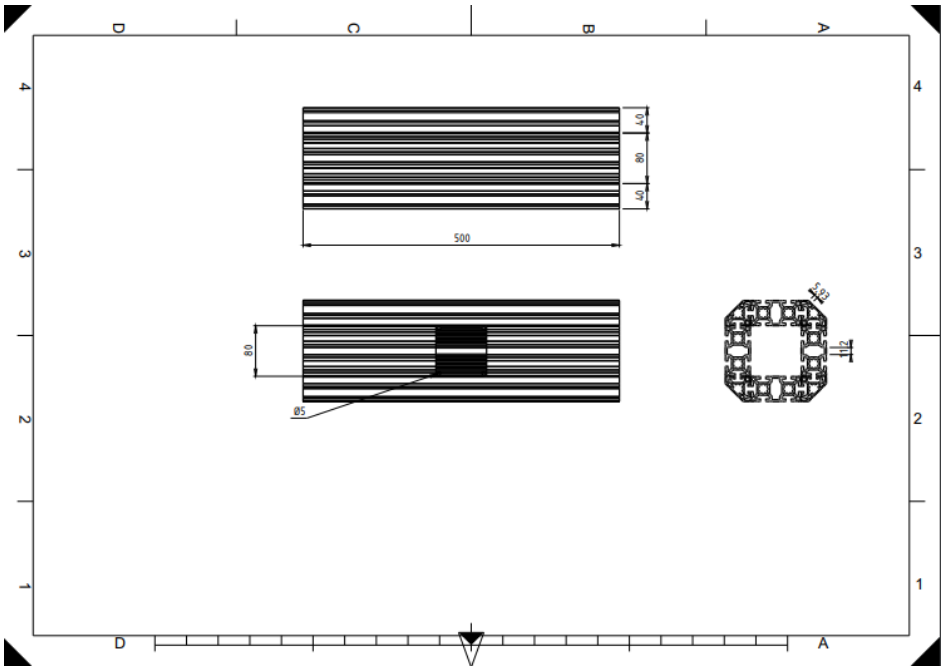
Banco de fixação do servomotor.



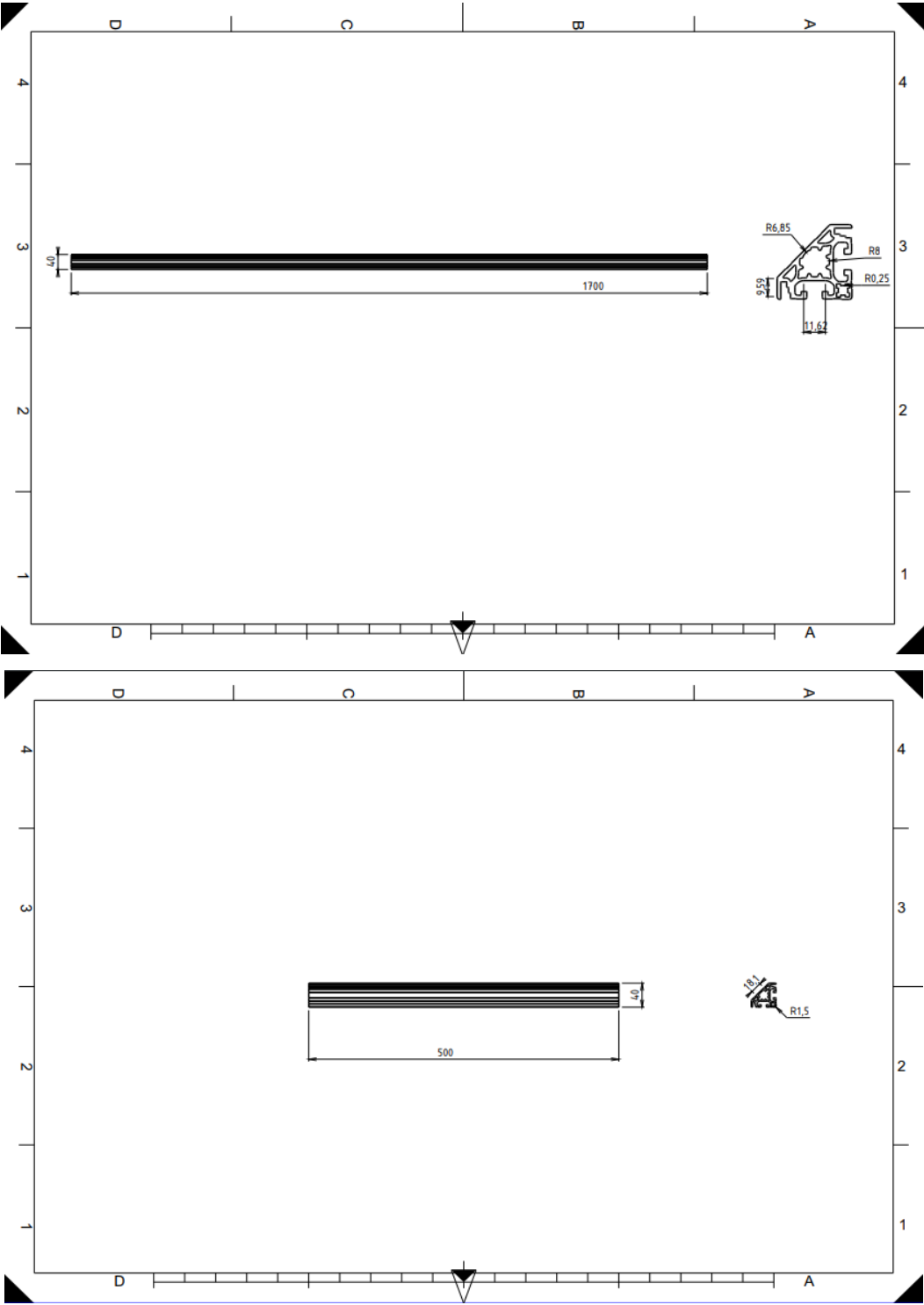
Vista superior servomotor



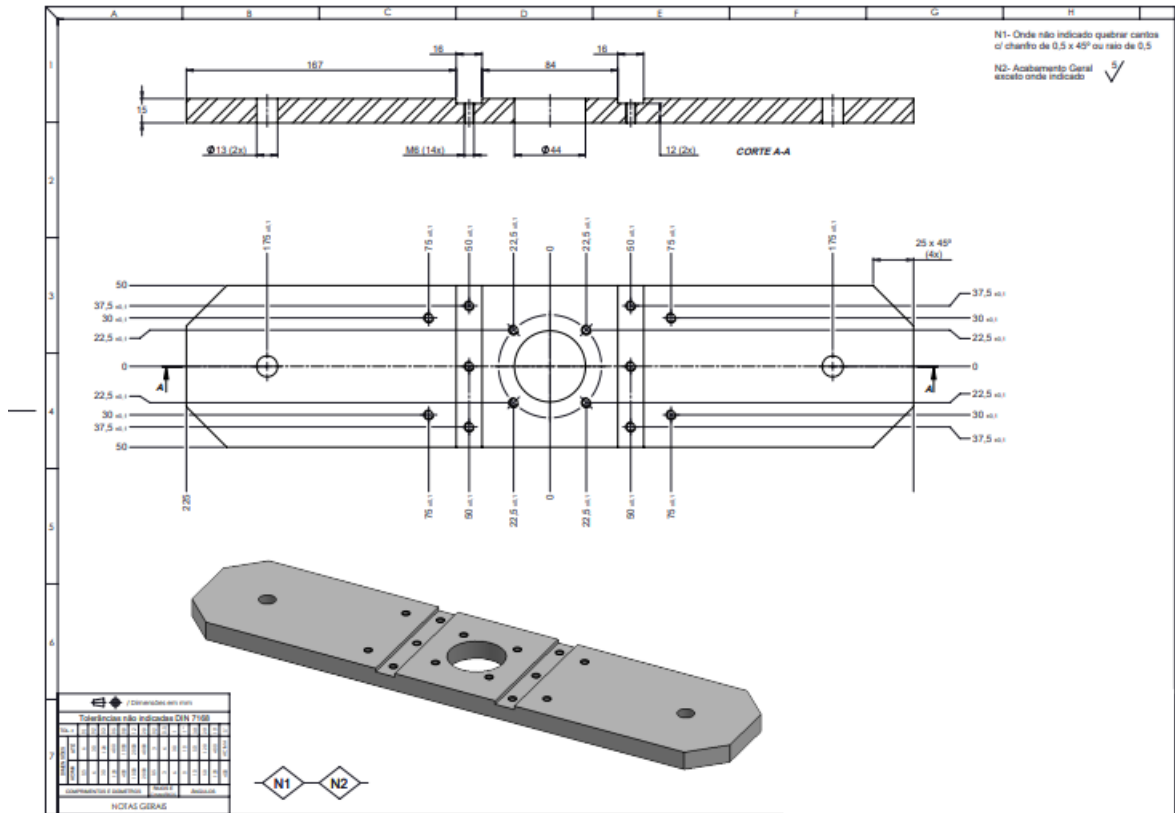
Extremo superior derecho spc.



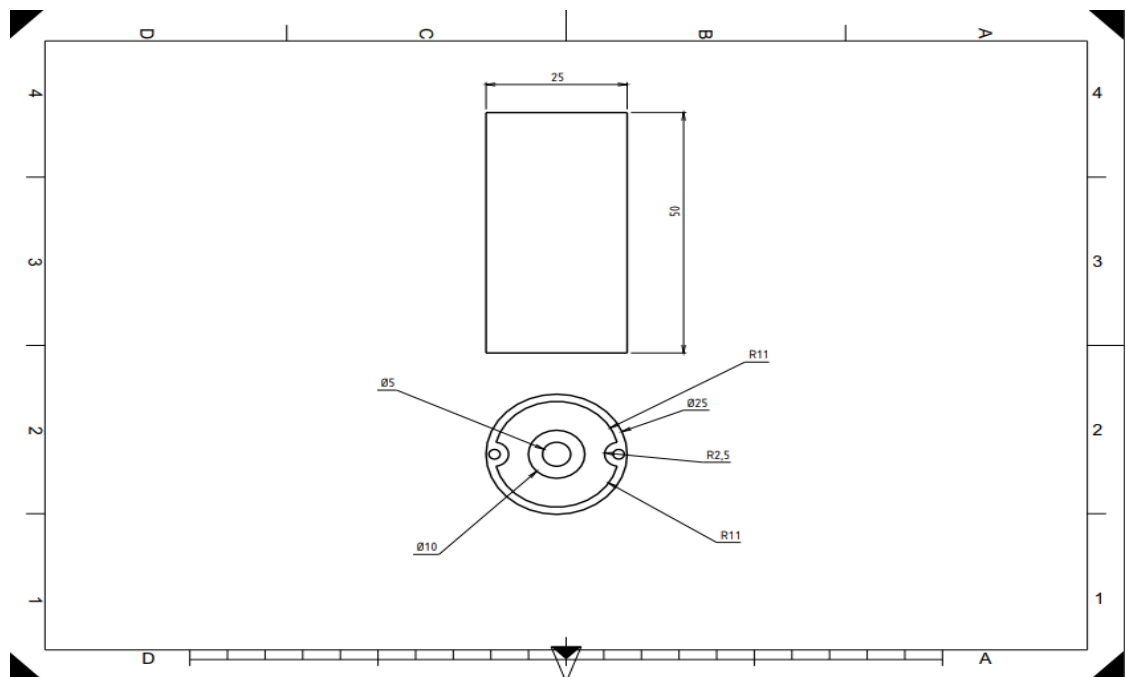
Barra de estructura del soporte de peso



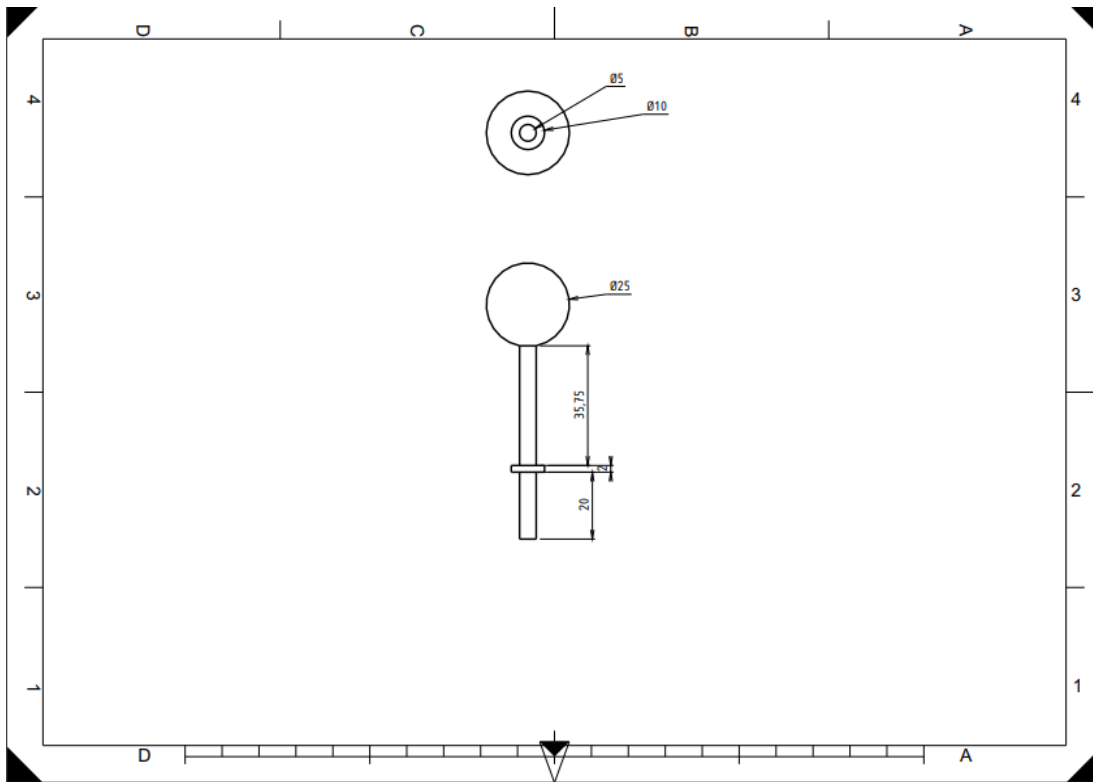
Cubierta superior del servomotor.



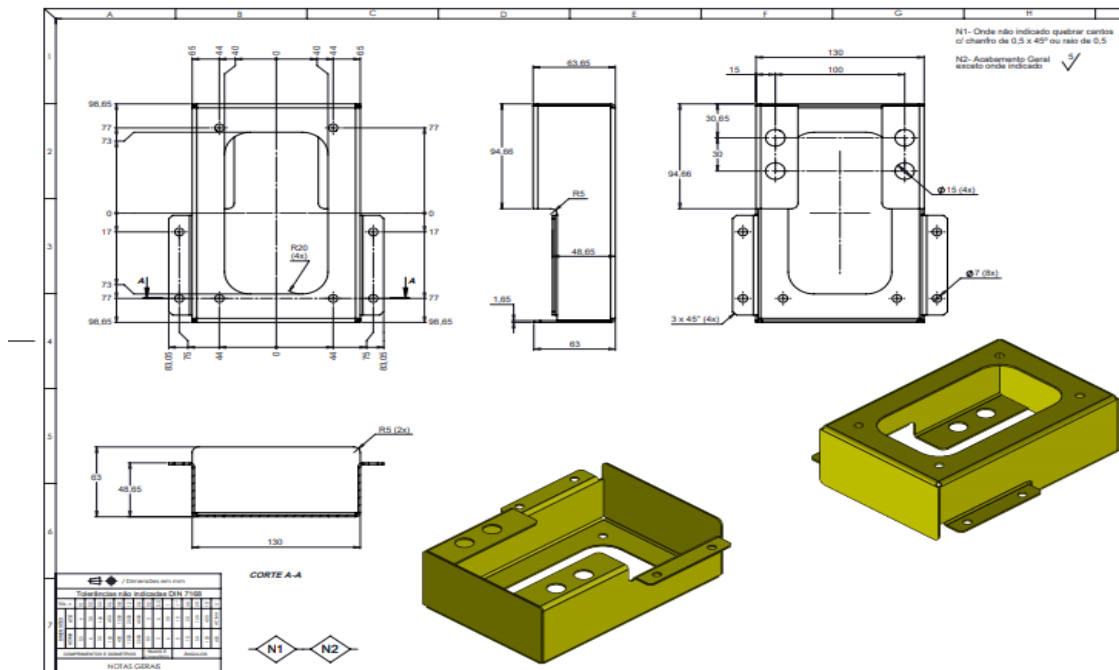
Soporte de apoyo lateral.



Pino de apoyo de la estructura.



Protección del servomotor



Anexo C. Prototipo SPC, impresora 3D

Prototipo spc 3D

