

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

**Sistema mecatrónico para rehabilitación de pacientes
con parálisis total o parcial en miembros superiores**

Tesis para optar por el Título de Ingeniero Mecatrónico, que presenta el
bachiller:

Aarón Fabricio Arrese Bernabé

ASESOR: Ericka Patricia Madrid Ruiz

Lima, mayo de 2015

Resumen

Actualmente la preocupación por la salud personal está en constante crecimiento, a pesar de ello, las tasas de personas enfermas es bastante alta, algunas enfermedades se pueden tratar fácilmente, otras no, algunas incluso pueden traer secuelas que duran el resto de la vida.

Algunas de las más graves son aquellas que traen como consecuencia la pérdida total o parcial del movimiento de miembros inferiores como superiores, ya que afecta al paciente no solo física, si no también psicológicamente, existen dos posibles motivos para sufrir una parálisis corporal, la primera de ellas por un problema del músculo propiamente dicho, mientras que el otro caso se da por un problema en el sistema nervioso, siendo los tipos de parálisis más comunes la cuadriplejía, hemiplejía y paraplejía.

Muchas veces estas enfermedades son degenerativas, es decir, el paciente irá empeorando con el tiempo y su problema será cada vez más grave, en los casos en los que se puede dar tratamiento al paciente es necesario que el tratamiento sea lo más rápido posible ya que después de un tiempo sin tratamiento el paciente difícilmente recupere su movilidad, debido a esto, es necesario brindar el mejor tratamiento lo más rápido posible, las técnicas de rehabilitación actuales implican la asistencia de una persona para facilitar el movimiento de las extremidades, sin embargo, un mal cálculo en la fuerza a ser usada, la falta de homogeneidad en los movimientos, e incluso el medio en el que se hacen los ejercicios pueden no ser óptimos para la persona a tratar, además, la duración del tratamiento en algunos casos es tan larga que los pacientes (o las familias de los pacientes, quienes normalmente cuidan de ellos y se encargan de llevarlos a las terapias) desisten en el camino (algunas veces incluso antes de ver algún resultado); es por esto que se propone un sistema mecatrónico que asista al paciente debajo del agua con los ejercicios de rehabilitación, de manera que se pueda controlar la fuerza para realizar cada ejercicio, controlar el movimiento y realizarlo en un medio, cuyas propiedades son mejores para la rehabilitación. En esta primera etapa se realizará el diseño del sistema, las prácticas experimentales y análisis de datos corresponden a una segunda etapa del proyecto, dicha etapa no será tratada en este trabajo.

Índice

1. Presentación de la problemática.....	4
2. Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto.....	6
2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico.....	6
2.2 Concepto del sistema mecatrónico.....	7
3. Sistema mecatrónico.....	9
3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico.....	9
3.2 Sensores y actuadores.....	10
3.3 Planos del sistema mecatrónico.....	13
3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico.....	30
3.5 Diagramas de flujo del programa de control.....	33
4. Presupuesto.....	35
5. Conclusiones.....	37
Bibliografía.....	38
Anexos.....	39

Capítulo 1

Presentación de la problemática

Uno de los principales problemas en relación a la salud que se tiene actualmente es la pérdida de movilidad de los miembros tanto superiores como inferiores, esto debido a que hace que la persona se vuelva dependiente de alguien más, ya sea un familiar, un(a) enfermero(a) o alguna otra persona, y a que afecta en gran medida su calidad de vida.

Existen muchas formas de perder esta capacidad, las cuales pueden ser agrupadas en dos: enfermedades del músculo, enfermedades que afectan el sistema nervioso, en ambos casos es necesario seguir un tratamiento que permita la recuperación de las funciones motoras. Sin embargo, en la mayoría de casos, estas funciones no logran recuperarse del todo; en algunos otros, no se presenta ninguna mejoría. Esto está relacionado al tipo de enfermedad que se tenga, por ejemplo, en el caso de esclerosis múltiple las funciones se van perdiendo progresivamente y no es posible (al menos hasta el momento) recuperarse.

En algunos casos sí es posible recuperar la capacidad motriz (por ejemplo, cuando se trata de un accidente cerebrovascular), muchas veces, a pesar de no lograr una recuperación total, la calidad de vida del paciente mejora, además de recuperar su independencia para las actividades diarias.

De acuerdo a la **Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública**, entre los años 2000 y 2009 se registraron 2225 pacientes en un solo hospital que tuvieron un accidente cerebrovascular, la tabla 1 muestra la clasificación de estos pacientes.

Tabla 1. Características generales de pacientes con diagnóstico de ACV en un hospital público de Perú, entre 2000 a 2009.

	N (%)	Razón hombre/mujer	Edad promedio \pm DE (años)	Tiempo hospitalización*	Mortalidad n (%)
General	2225 (100)	1,09	64,1 \pm 16,9	7	434 (19,5)
ACV-i	1071(48,1)	1,08	65,5 \pm 16,5	10 (1 - 229)	146 (13,6)
ACV-h	554 (24,9)	1,19	63,1 \pm 16,4	9 (1 - 245)	176 (31,8)
ACV-ne	358 (16,1)	1,08	65,7 \pm 14,7	8 (1 - 142)	74 (20,7)
HSA	183 (8,2)	0,93	54,3 \pm 20,7	8 (1 - 203)	32 (17,5)
ACV-ih	49 (2,2)	0,88	68,8 \pm 14,5	44,5 (1 - 54)	5 (10,2)
CIT	10 (0,5)	2,33	62,7 \pm 25,4	6,5 (1 - 16)	1 (10)

* Mediana (Mínimo-Máximo en días)

ACV: accidente cerebro vascular, (i): isquémico, (h): hemorrágico, (ne): no especificado, (ih): isquémico hemorrágico. HSA: hemorragia subaracnoidea. CIT: crisis isquémica transitoria.

Fuente: Revista peruana de medicina experimental y salud pública.

Si bien es cierto, aparentemente no se tiene un gran número de casos (aproximadamente 0.022% de la población total limeña), si consideramos que este estudio se realizó en un solo hospital (Hospital Nacional Cayetano Heredia) podemos darnos cuenta que el número de afectados es bastante más grande.

Un estudio más grande realizado en Estados Unidos, nos ayuda acercarnos a la verdadera magnitud de personas afectas por esta enfermedad. La figura 1.1 muestra la cantidad de personas afectadas y clasificadas de acuerdo a su edad.

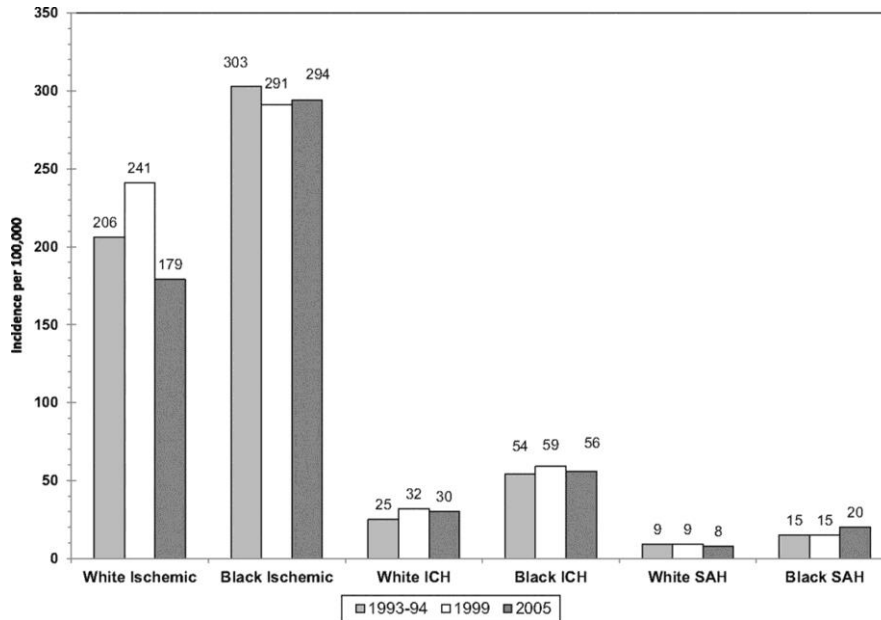


Figura 1.1 Personas que sufrieron ACV en diferentes años.

Fuente: American Heart Association.

Copyright © American Heart Association, Inc. All rights reserved.

Las terapias actuales se dan en salas y consisten, entre otros ejercicios, en manipular el brazo y el antebrazo del paciente simulando el movimiento natural de las articulaciones tratando de no esforzarlas más de lo debido. La mayoría de terapias aún no se realizan debajo del agua, a pesar de los beneficios que trae consigo.



Capítulo 2

Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto

2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico

El sistema deberá con lo siguiente:

Requerimientos mecánicos:

Una estructura capaz de soportar a una persona, el peso aproximado considerado es de 70kg, en la mayoría de casos, los pacientes con pérdida de movilidad pesan menos que el promedio debido a la pérdida de masa muscular por inactividad.

Actuadores que sean capaces de mover tanto los brazos como los antebrazos del paciente, en este caso se han seleccionado actuadores neumáticos lineales de 32mm y 40mm de carrera, cabe resalta que 40mm es valor mínimo para completar el movimiento de los miembros superiores de la persona, el sistema podría funcionar con cilindros de 30mm de carrera (se hacen movimientos más cortos) o de 50mm de carrera (sólo se usan 40mm de la carrera total), cilindros mayores a 50mm o menores a 30mm pueden causar el mal funcionamiento del sistema. El sistema cuenta con 4 cilindros neumáticos en total.

Requerimientos eléctricos-eléctronicos y de control:

Para controlar la posición del vástago, es necesario contar con sensores de posición, 2 por cada cilindro, uno mide el avance, mientras que el otro mide el retroceso, de este manera aseguramos que el paciente se encuentre seguro en todo momento, además

Dos electroválvulas por cilindro, una que active el avance y otra que active el retroceso.

Una electroválvula proporcional que regule la presión de trabajo de acuerdo al nivel de entrenamiento que sea cargado por la persona encargada del paciente.

Un pulsómetro que mida constantemente el ritmo cardíaco del paciente de manera que sea posible detectar un posible cansancio y detener los ejercicios que se vayan ejecutando.

Un controlador que tenga la cantidad suficiente de entradas y salidas para recibir las señales de los sensores de posición, la señal del pulsómetro, y sea capaz de enviar señales para activar/desactivar todas las electroválvulas.

2.2 Concepto de la solución

El sistema mecatrónico busca tener al paciente sumergido dentro del agua, en una posición cómoda y realizar algunos de los ejercicios clásicos de la fisioterapia controlando el nivel de fuerza que se utiliza y teniendo cuidado con ángulos críticos para el cuerpo, estos son 180° entre el brazo y antebrazo, ya que se crea el efecto de palanca y se puede causar lesiones, y ángulos mayores a 90° entre el brazo y el tronco, debido a los esfuerzos que se generan en el hombro. Tampoco se buscan ángulos inferiores a 90° entre el brazo y el antebrazo, debido a que no se desea la compresión del músculo. Las figuras 2.2.1 y 2.2.2 muestran las posiciones deseadas tanto del brazo como del codo.

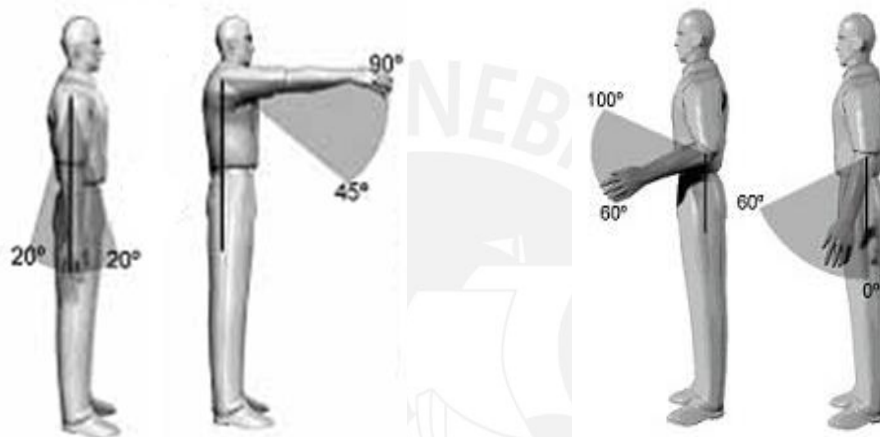


Figura 2.2.1 Posición deseada para el brazo.

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia

Figura 2.2.2 Posición deseada para el codo.

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia

El movimiento de brazos y antebrazos es independiente y se logra mediante 4 cilindros neumáticos con detección de posición de manera que se pueda saber dónde se encuentra el brazo de la persona en cada instante, el sistema contará con tres niveles, en el primer nivel toda la fuerza será suministrada por los cilindros, cada nivel disminuirá la fuerza de los cilindros de manera que sea el paciente quien suministre la fuerza para movilizar sus brazos; gracias al movimiento independiente de los cilindros, es posible seccionar el entrenamiento del paciente a fin de poder trabajar las articulaciones de acuerdo al tipo de lesión, es decir, si, por ejemplo el paciente puede mover el brazo derecho, el trabajo se concentrará en el brazo izquierdo, si puede mover los codos, el trabajo se centrará en los brazos, etc. Tanto las extremidades a ser trabajadas como la intensidad del trabajo será ingresado por el especialista, además se contará con un pulsómetro, de manera que se pueda saber si el paciente se está cansando o no. La forma en que se regulará la fuerza a ser aplicada será mediante la presión entregada a los cilindros la cual estará controlada por válvulas proporcionales, así mismo, el accionamiento de cada uno de los cilindros será mediante electroválvulas.

Las figuras 2.2.3. y 2.2.4. muestran el sistema mecatrónico diseñado, todos los elementos son de acero inoxidable, excepto por las barras que se encuentran en la parte lateral de la silla, éstas se acoplan a los brazos de la persona y transmiten el movimiento que es iniciado por los cilindros neumáticos, los cuales cumplen la función de los músculos de la persona, los tubos de esta zona son de aluminio debido a que en la última etapa del entrenamiento es necesario que la persona realice el movimiento prácticamente sin ayuda de los cilindros, si el material seleccionado fuera acero inoxidable al igual que el resto, se tendría un esfuerzo excesivo para el paciente, o un gasto innecesario de energía.

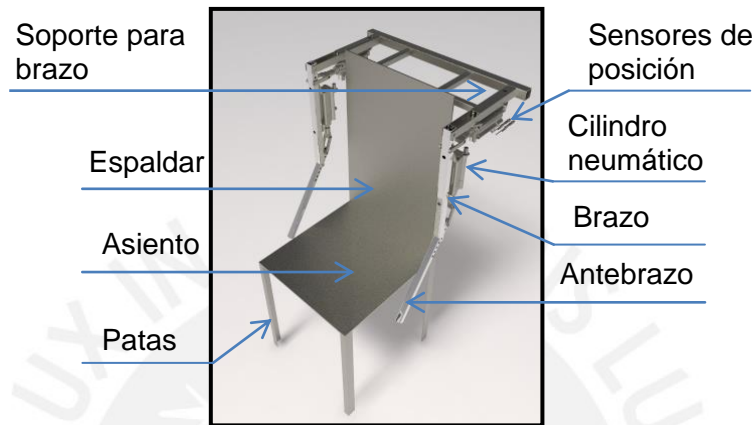


Figura 2.2.3. Vista isométrica de la solución propuesta

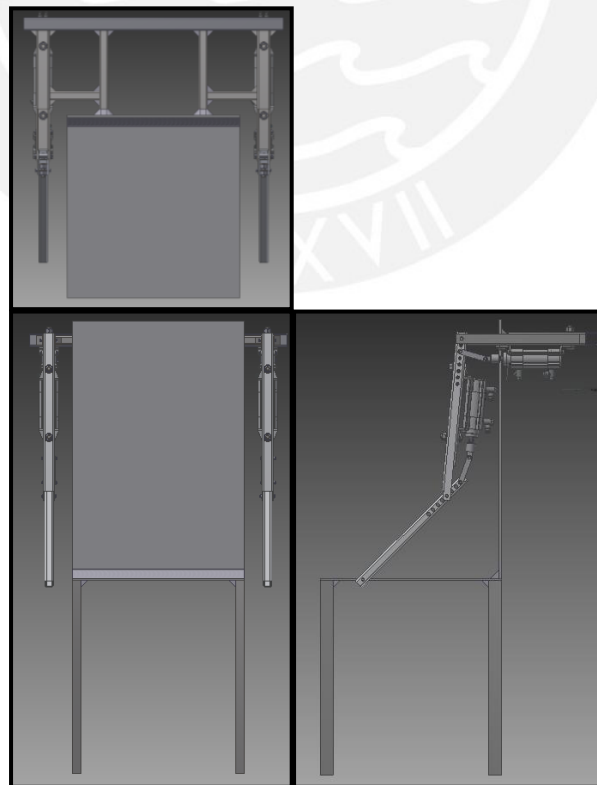


Figura 2.2.4. Vistas Frontal, Lateral y Superior de la solución propuesta

Capítulo 3

Sistema mecatrónico

3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico.

El siguiente diagrama (3.1.1.) muestra la interacción del especialista con el sistema, y la del sistema con el paciente, en este primer diagrama, quien hace la mayor cantidad de acciones es el especialista, ya que se encarga de establecer tanto el nivel de entrenamiento como los ejercicios que serán realizados

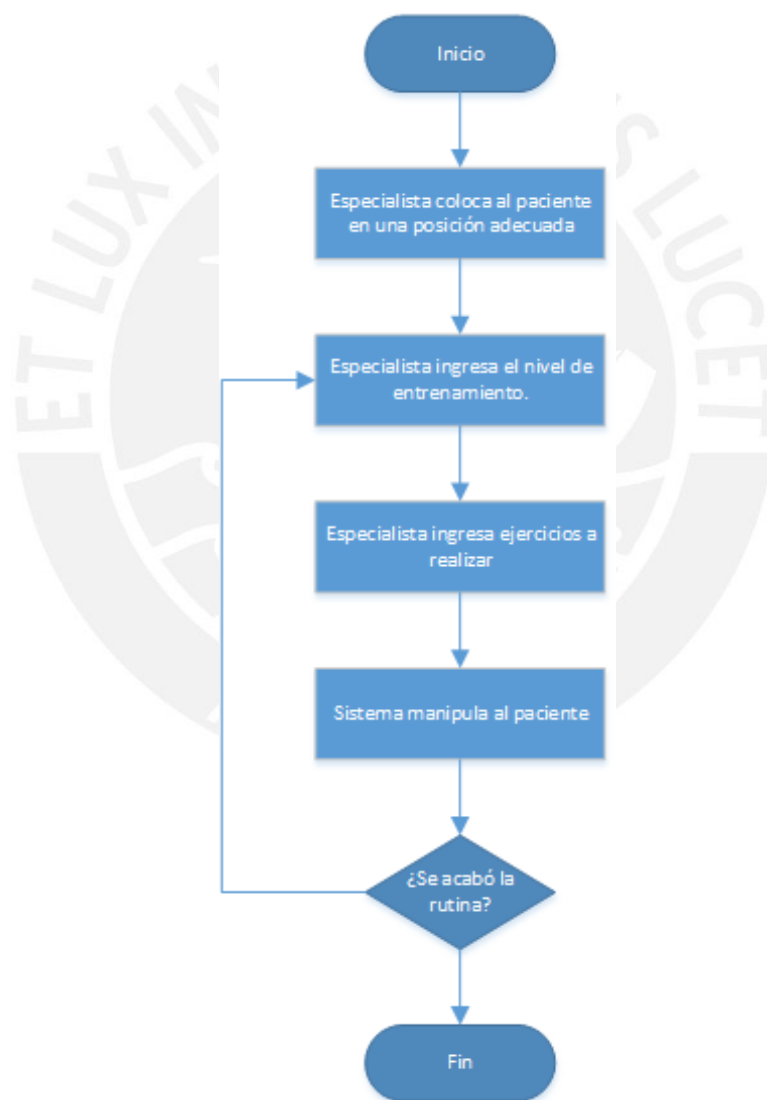
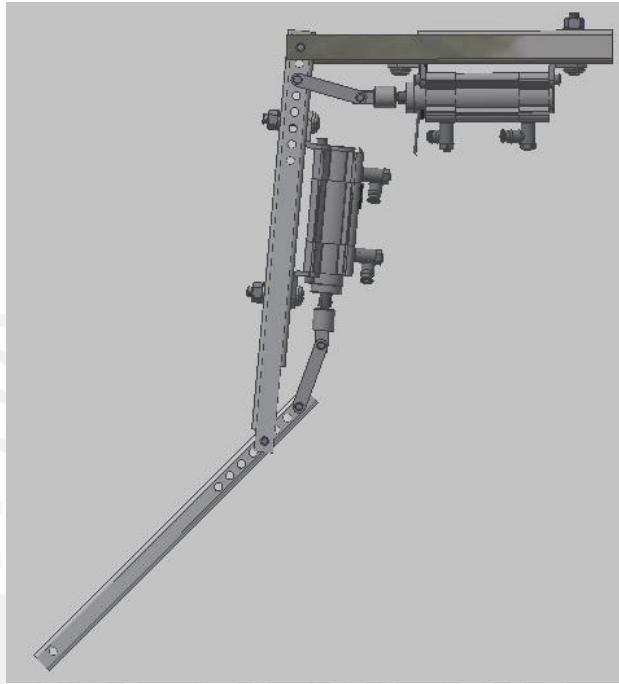


Diagrama 3.1.1. Funcionamiento del sistema mecatrónico

3.2 Sensores y actuadores.

Actuadores:

Cilindro neumático festo de 32mm de diámetro de émbolo por 40mm de carrera (DSBC-32-40-PPVA-N3), en el sistema se tienen 4 en total cada uno encargado de mover determinada parte del cuerpo, estas pueden ser: antebrazo derecho, antebrazo izquierdo, brazo derecho y brazo izquierdo; y van colocados en los brazos del sistema, la figura mostrada a continuación (3.2.1.) muestra la posición de los cilindros.



[Figura 3.2.1. Ubicación de los cilindros en el brazo.
El cilindro superior se encarga del movimiento del brazo, mientras que el cilindro anterior se encarga del movimiento del hombro.

Sensores:

Sensor de proximidad SMT-8 (grado de protección ip68) para ranura T, se usan 2 sensores por cilindro, uno para la posición delantera y otro para la posición trasera, se podría realizar la misma acción con un solo sensor, sin embargo, debido al divisor de corriente una de las señales podría ser muy baja y no ser reconocida por el controlador, lo cual causaría un mal funcionamiento del sistema. Los sensores se colocan en las ranuras que tienen los cilindros, a continuación una representación de los sensores puestos en el cilindro (figura 3.2.2.):

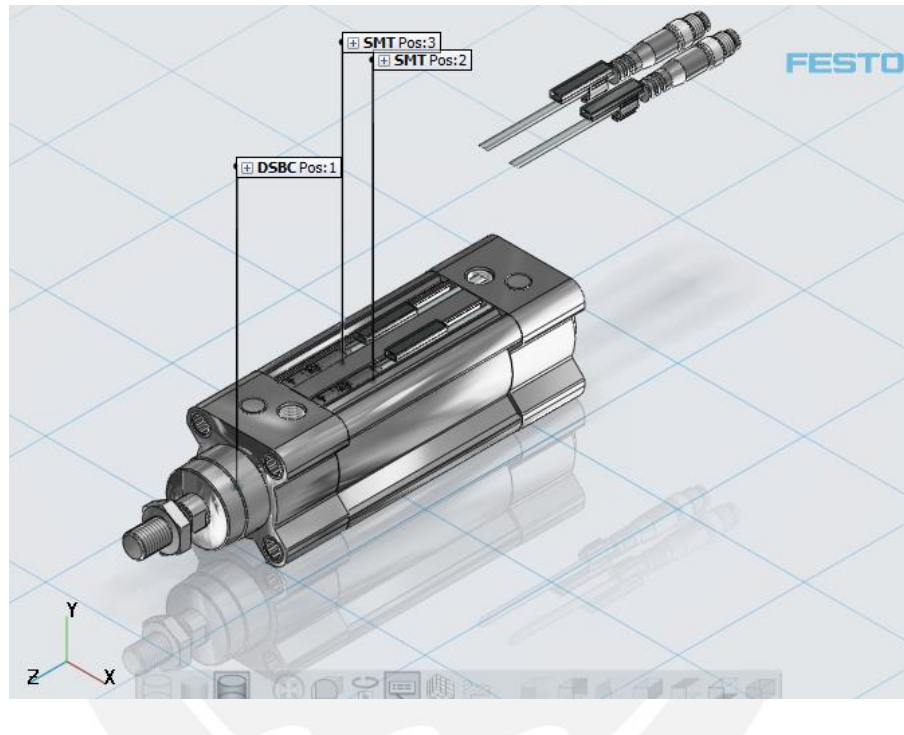


Figura 3.2.2. Cilindro FESTO normalizado con los sensores de posición, indicados por SMT Pos:2 y SMT Pos:3. La pieza fue modelada en Festo Design Tool 3D, cortesía de FESTO

Sensor de pulso y oxígeno en la sangre (SpO2) para arduino

Este sensor mide el ritmo cardiaco de la persona, ayuda al especialista a determinar si una persona está cansada o no, se conecta por medio de una interfaz al arduino. A continuación (figuras 3.2.3. y 3.2.4.) se muestran el sensor requerido y la interfaz necesaria para conectarlo. Cabe mencionar que esta interfaz está pensada para un determinado tipo de arduino, motivo por el cual será necesario un controlador (arduino) adicional que se encargue de medir los signos vitales del paciente.



Figura 3.2.3. Sensor de pulso y oxígeno en la sangre para arduino
Fuente: arasoloelectronico.blogspot.com

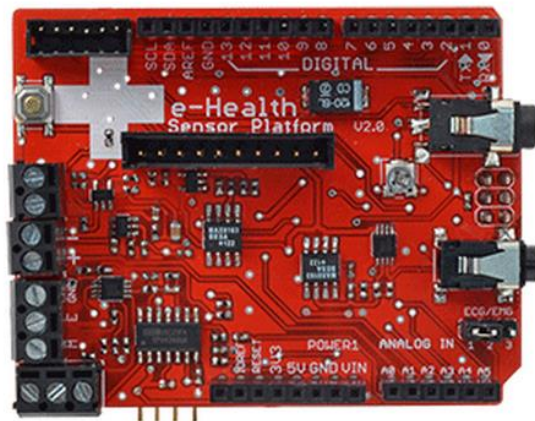


Figura 3.2.4. Interfaz para conectar el sensor con el arduino.
Fuente: <http://www.cooking-hacks.com/>

Dado que se requiere una salida analógica para poder regular la válvula proporcional el controlador seleccionado es un arduino due (figura 3.2.5.), además, este modelo cuenta con las entradas y salidas necesarias para soportar a todo el sistema.

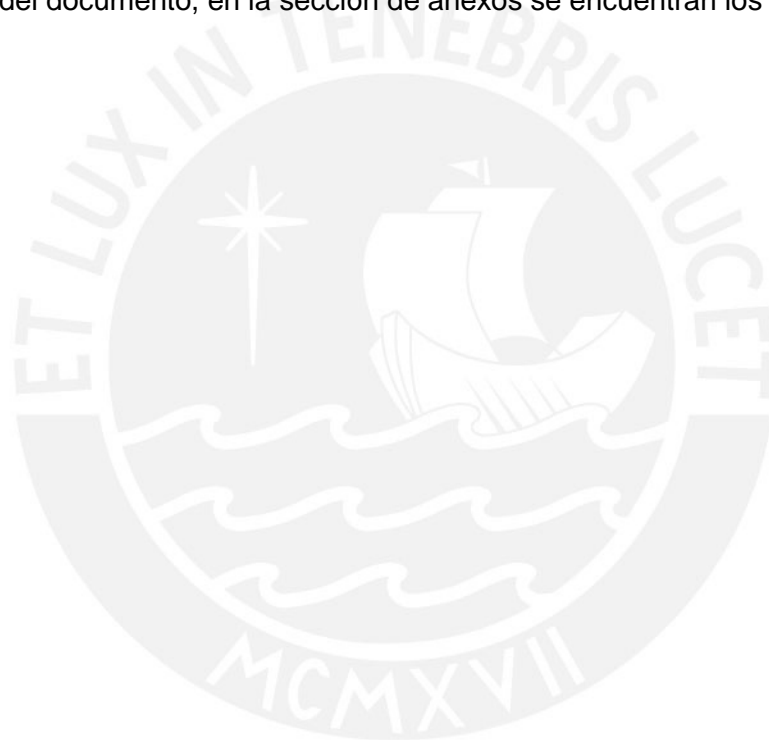
3.3 Planos del sistema mecatrónico

A continuación se muestran los planos de los componentes del sistema mecatrónico.

Para hacer más fácil de entender, el ensamblaje completo se divide en dos, el primero de ellos llamado silla, que es donde el usuario se sienta, y el segundo llamado brazo, el cual contiene los actuadores necesarios para mover tanto el brazo como el antebrazo de la persona.

El orden de los planos mostrados a continuación es el siguiente: los 3 primeros (figuras 3.3.1., 3.3.2. y 3.3.3.) muestran el ensamblaje completo, el ensamblaje del soporte en donde se sienta el paciente (silla) y el ensamblaje de la parte del sistema encargado de hacer los movimientos de los brazos y antebrazos (brazo), el resto de planos son las piezas que componen estos ensamblajes, cada una cumple una función que es especificada en la descripción de la pieza.

Al final del documento, en la sección de anexos se encuentran los planos.



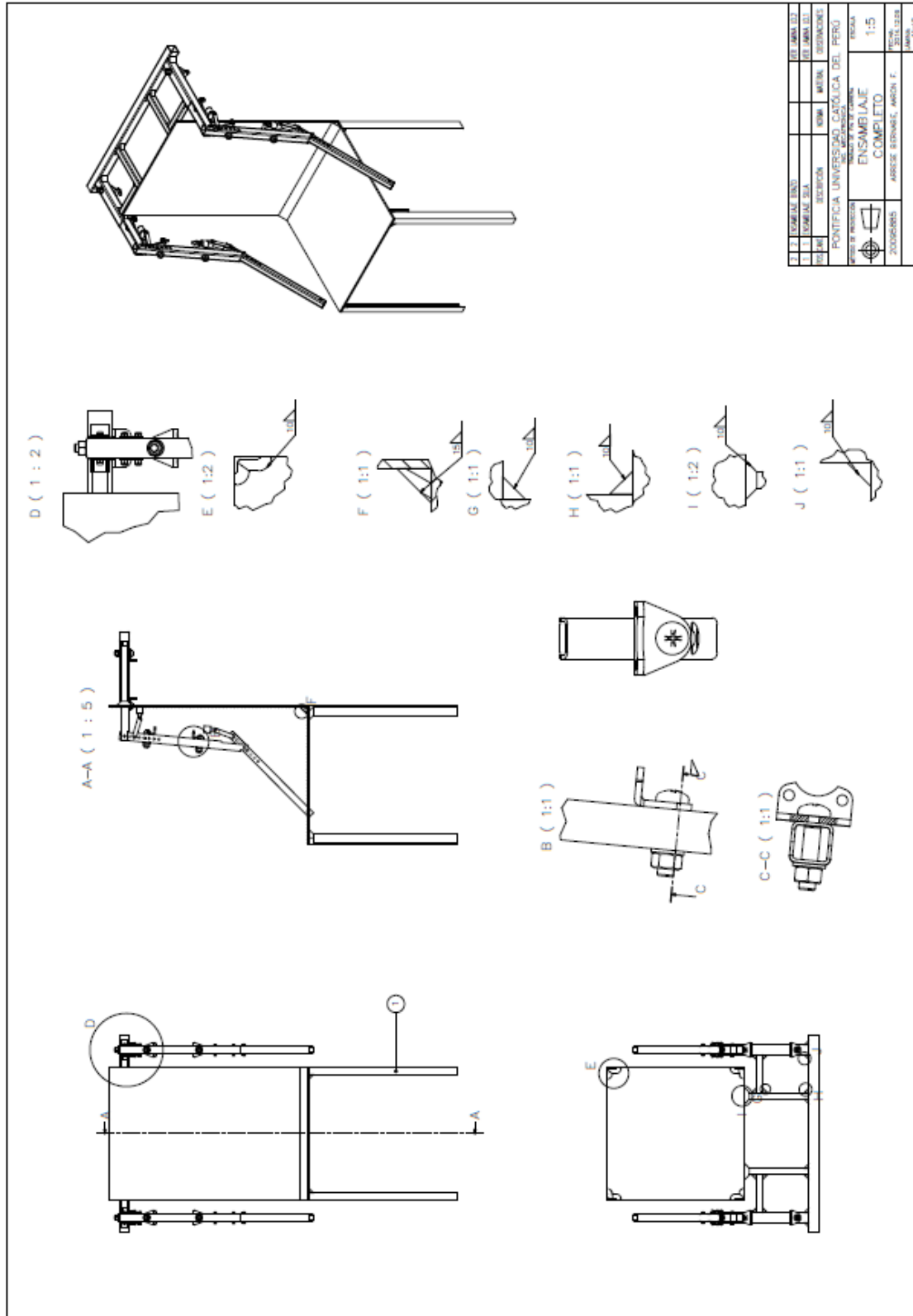


Figura 3.3.1. Ensamble del sistema.

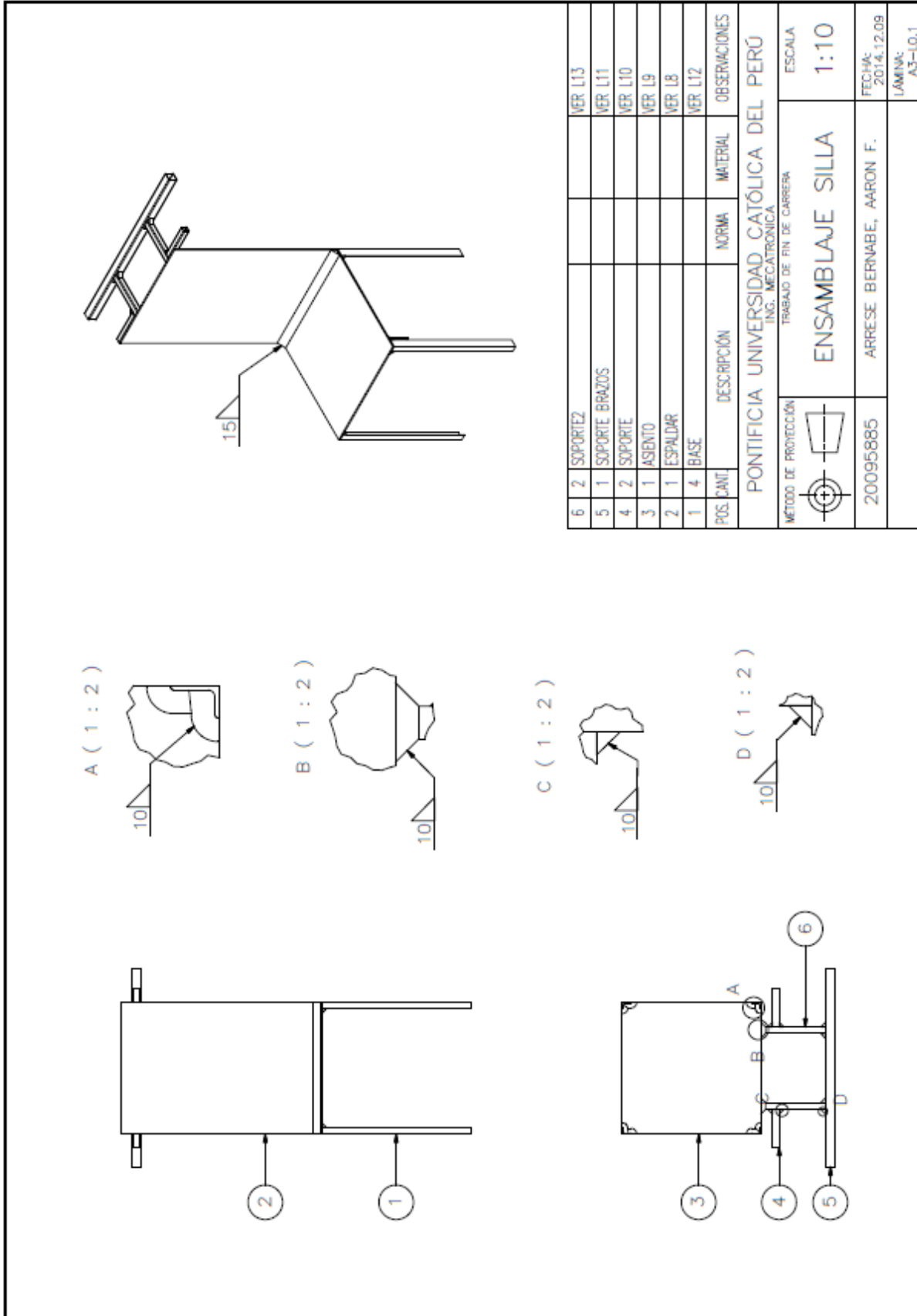


Figura 3.3.2. Ensamble de la silla.

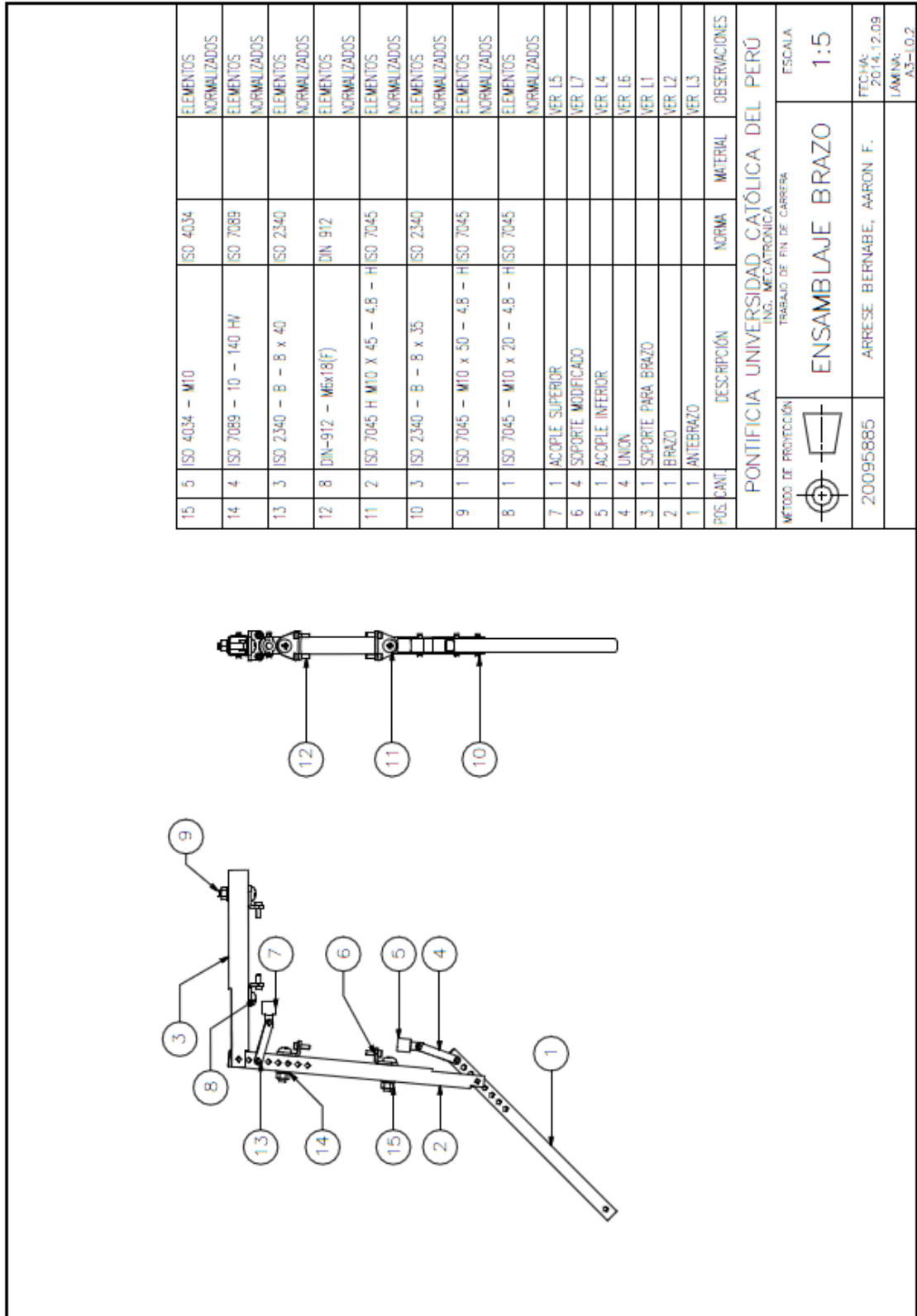
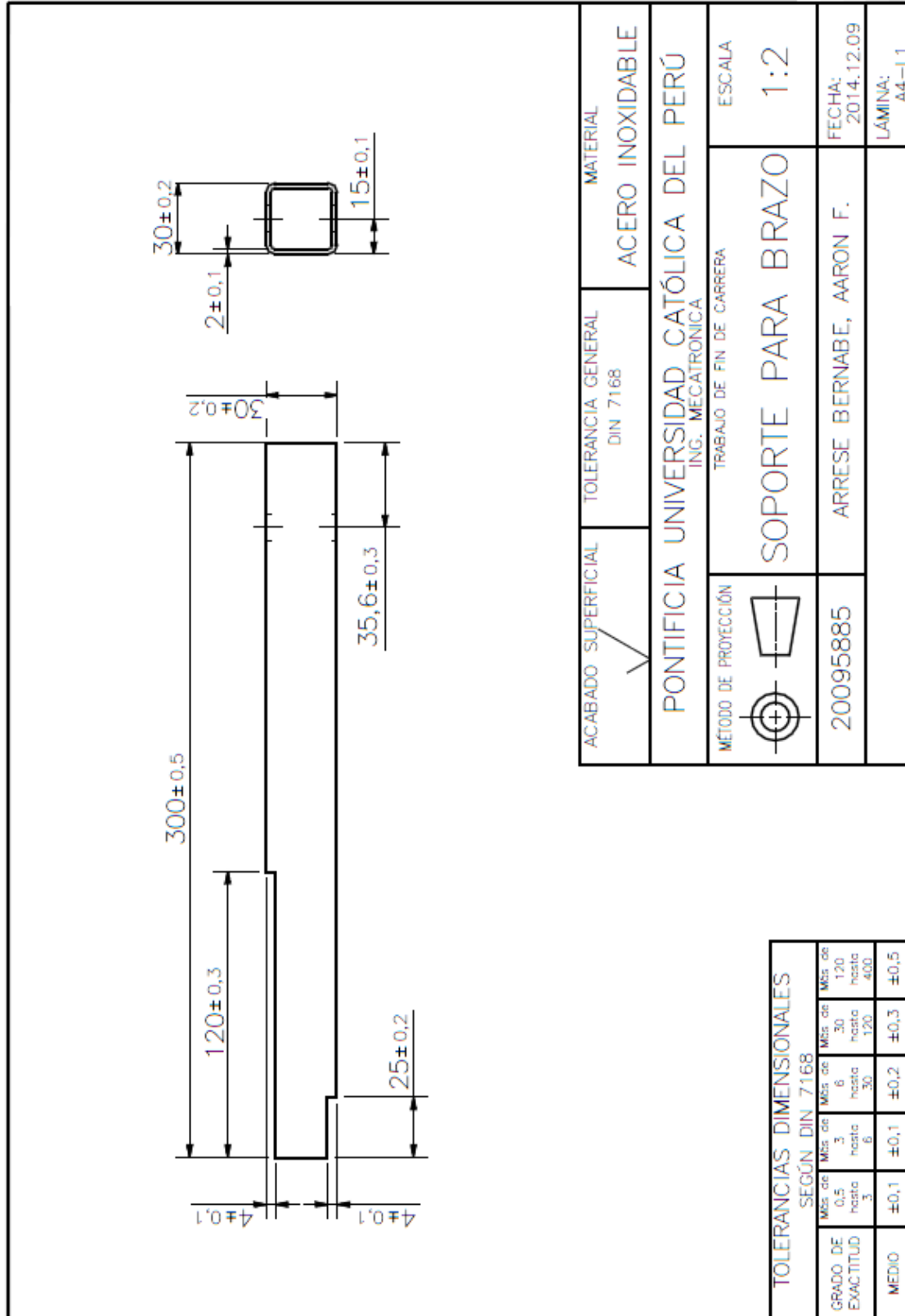


Figura 3.3.3. Ensamble del brazo



Figurara 3.3.4. SOPORTE PARA BRAZO. Es colocado en la parte trasera del brazo, es fija y sirve como apoyo para el movimiento.

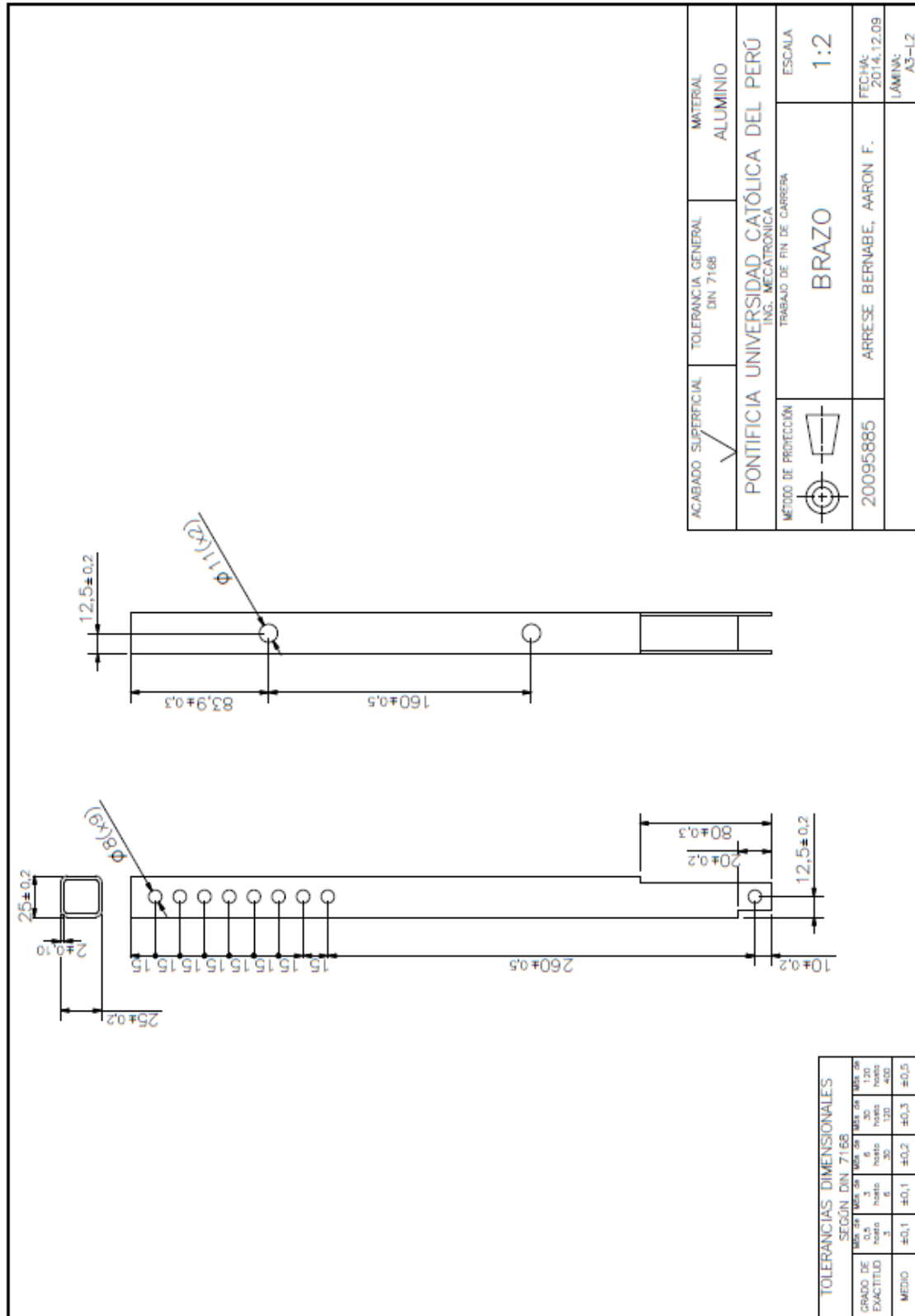


Figura 3.3.5. BRAZO. Este segmento que representa al brazo, su extensión va desde el hombro hasta el codo

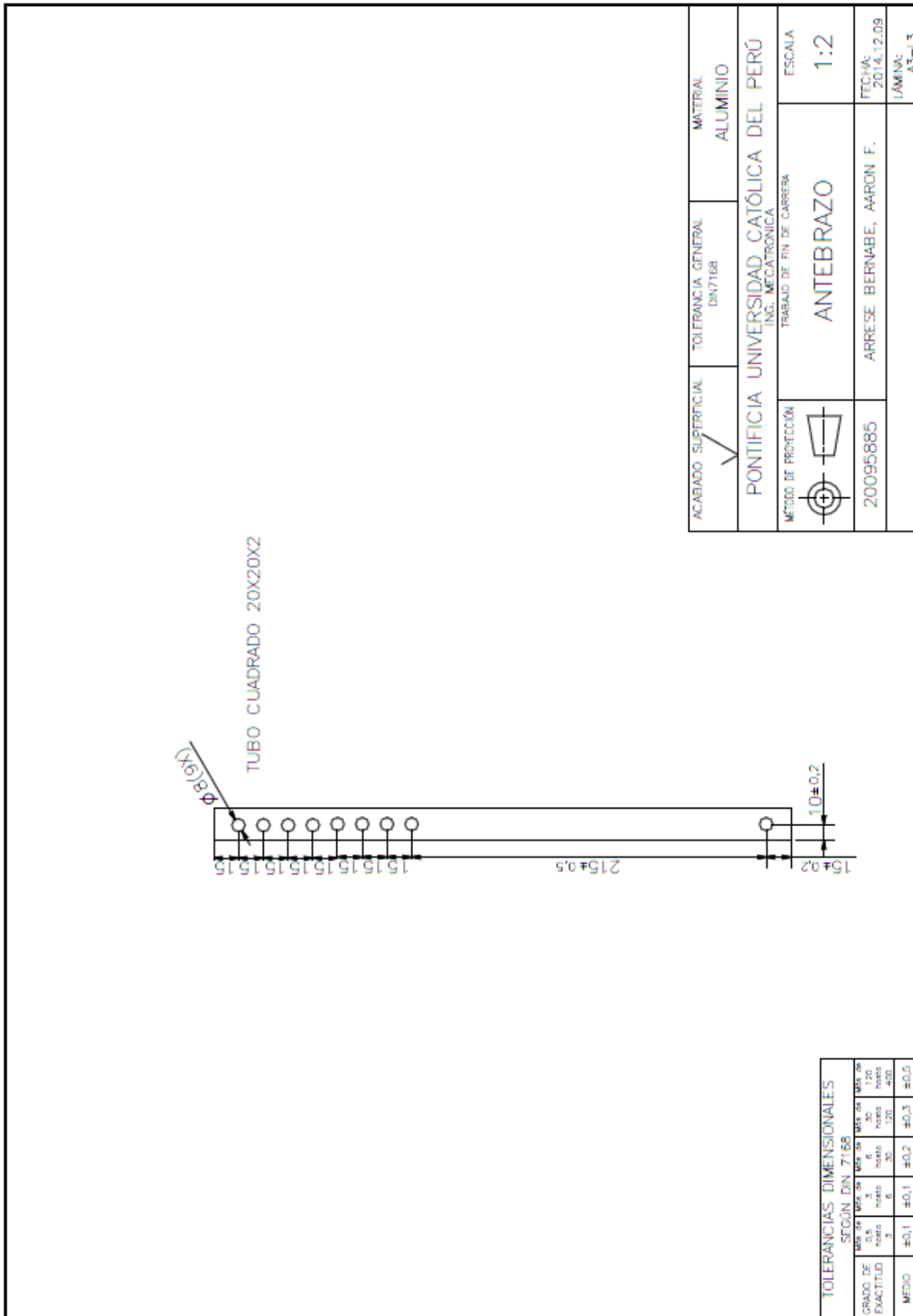


Figura 3.3.6. Segmento que representa al antebrazo, su extensión va desde el codo hasta la muñeca

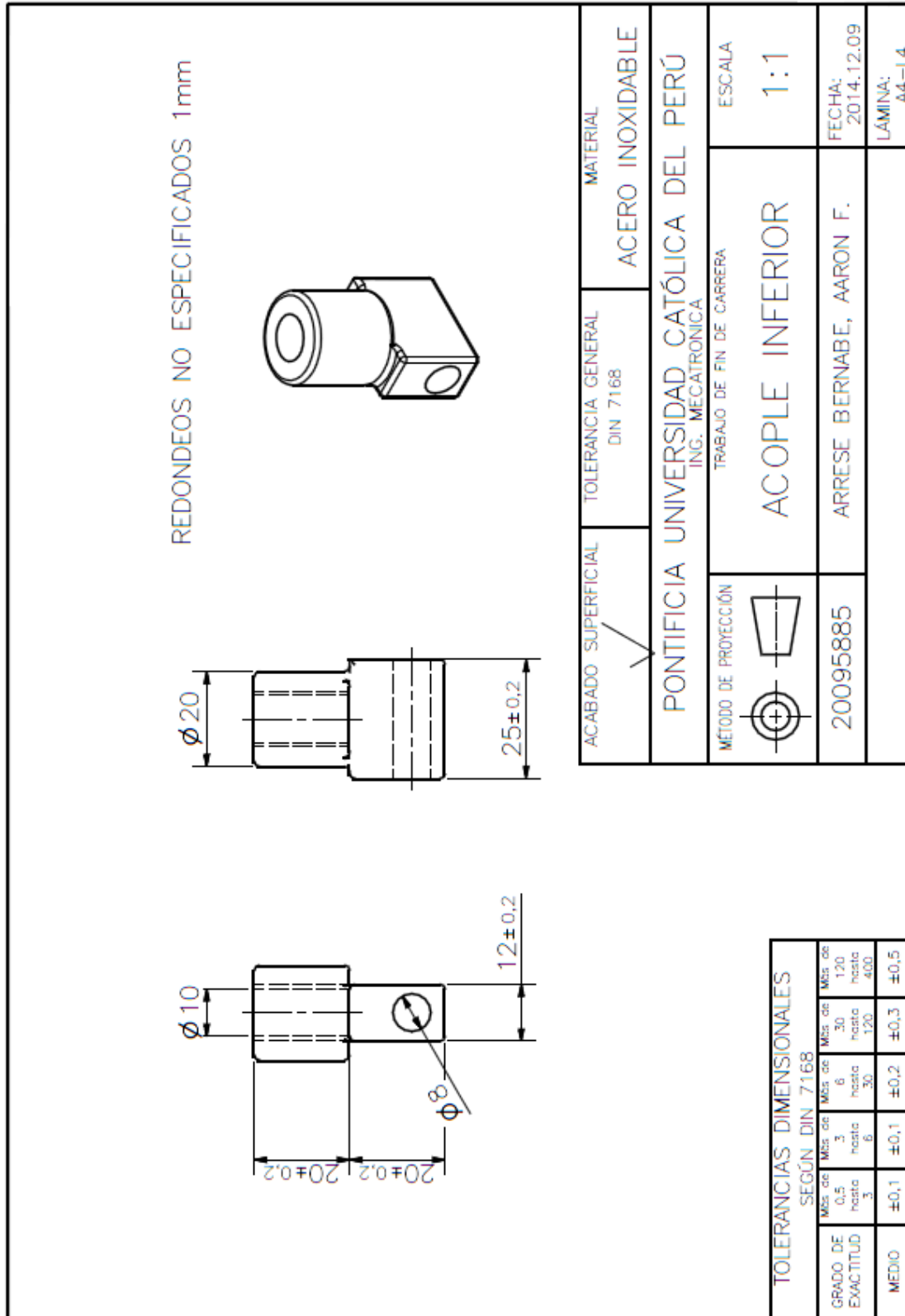


Figura 3.3.7. ACOPILE PARA LOS CILINDROS INFERIORES. Junto con otra unión permite convertir un movimiento lineal en un movimiento curvo.

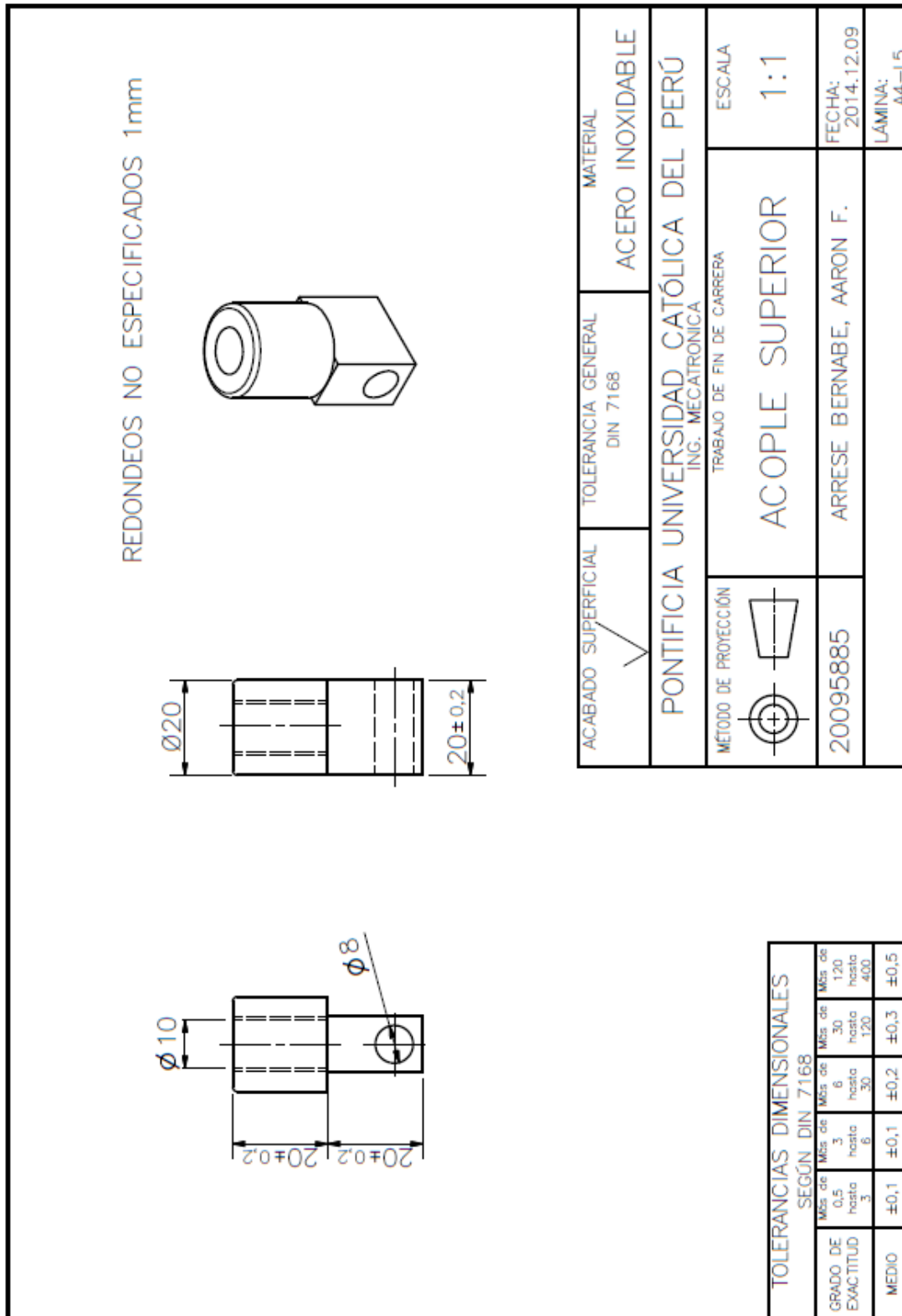


Figura 3.3.8. Acople para cilindros superiores. Cumple la misma función que la pieza anterior, la diferencia radica en el lugar donde se coloca.

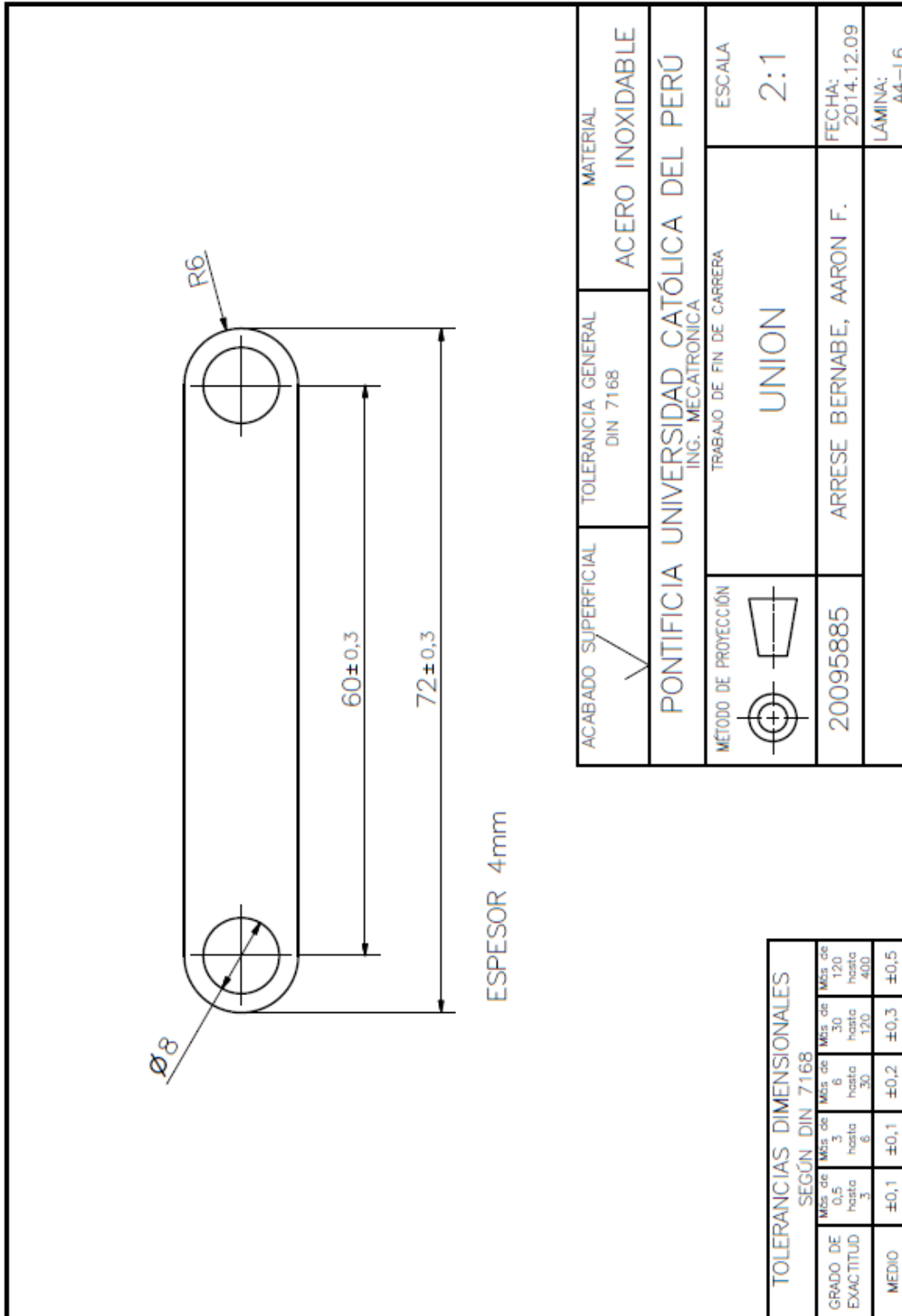


Figura 3.3.9. Unión entre el acople para cilindros y los brazos/antebrazos, se ajusta mediante pines permitiendo giro en los agujeros, esto permite la compatibilidad geométrica entre un movimiento y otro.

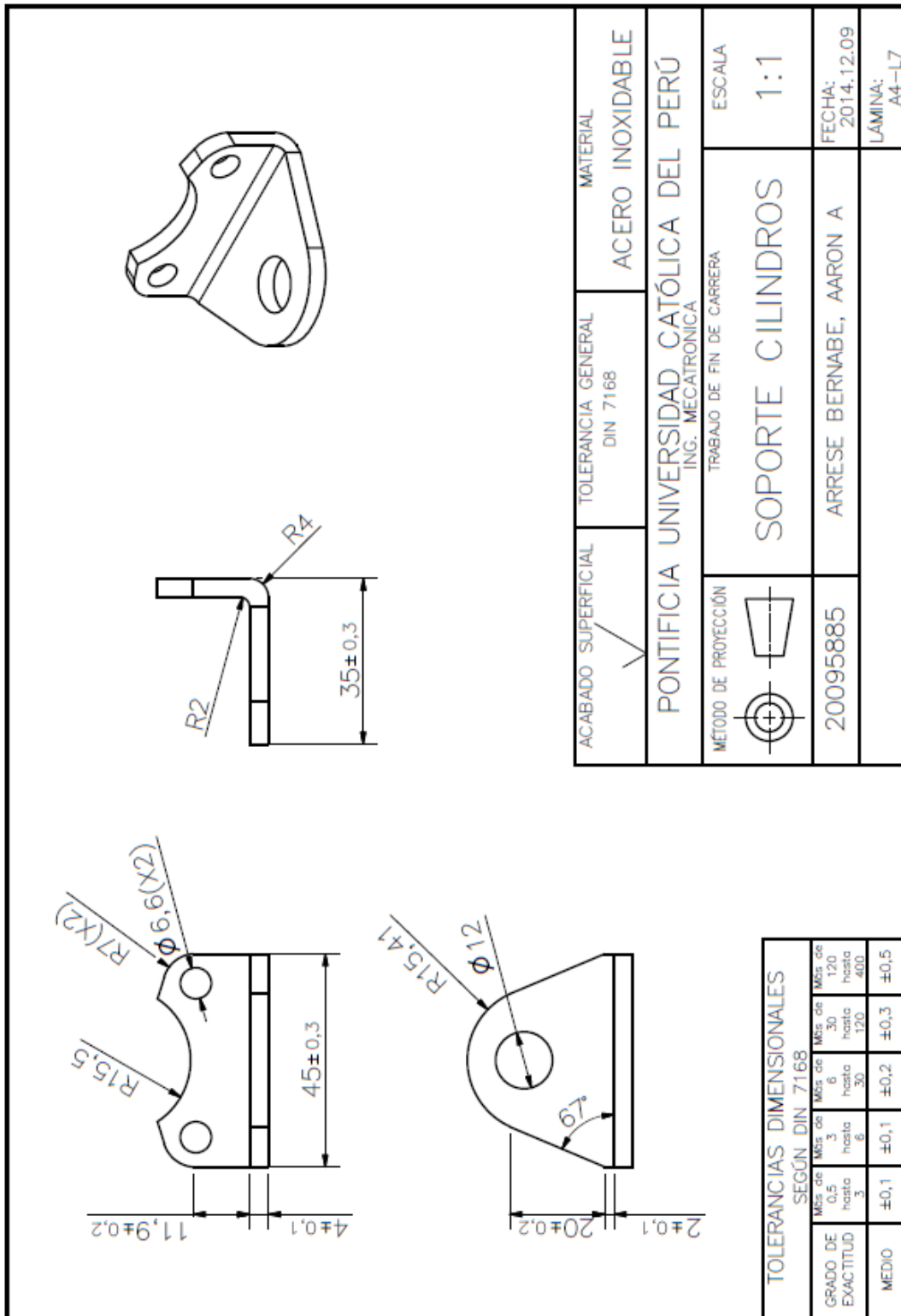


Figura 3.3.10 Soporte para los cilindros

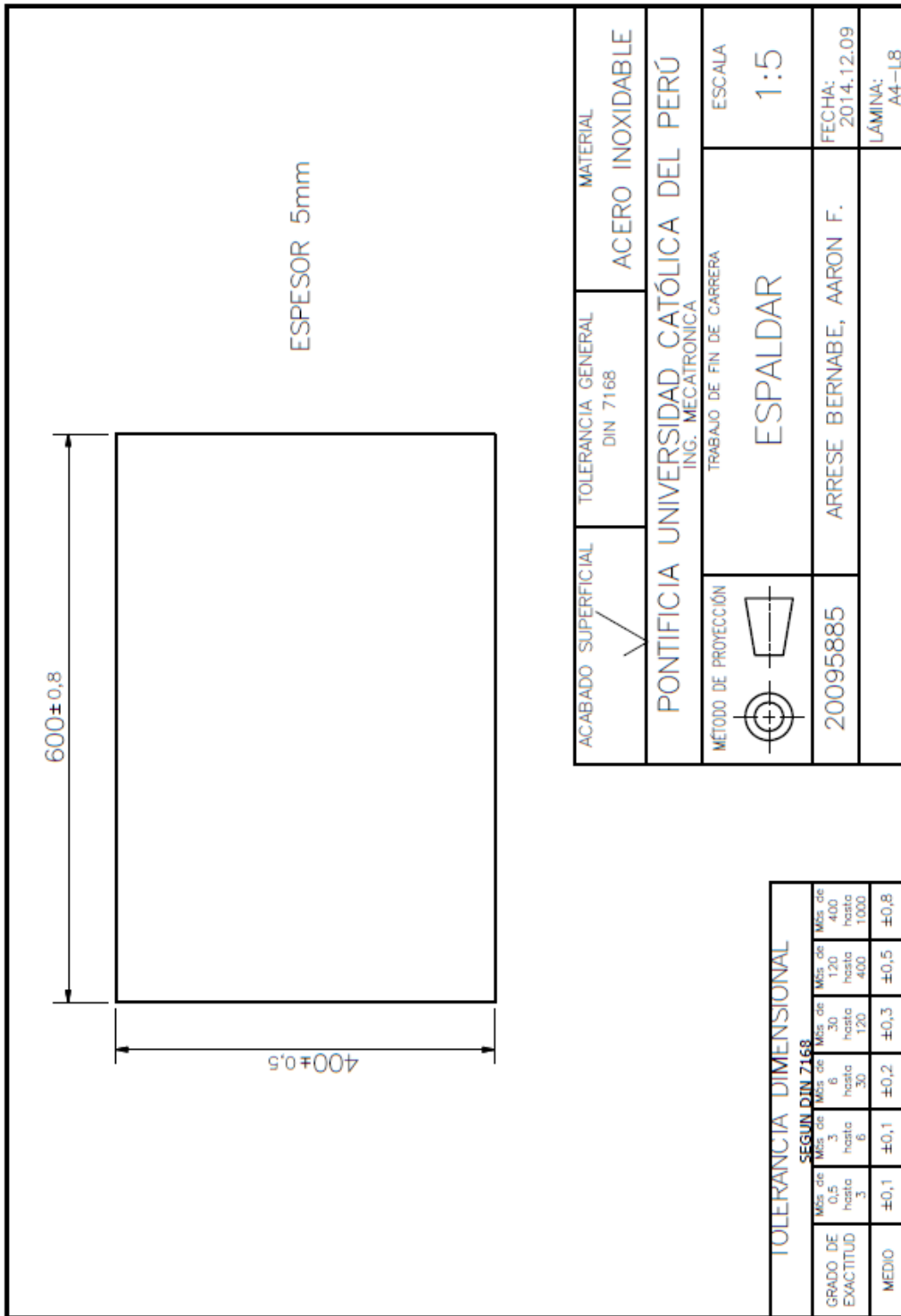


Figura 3.3.11. Espaldar

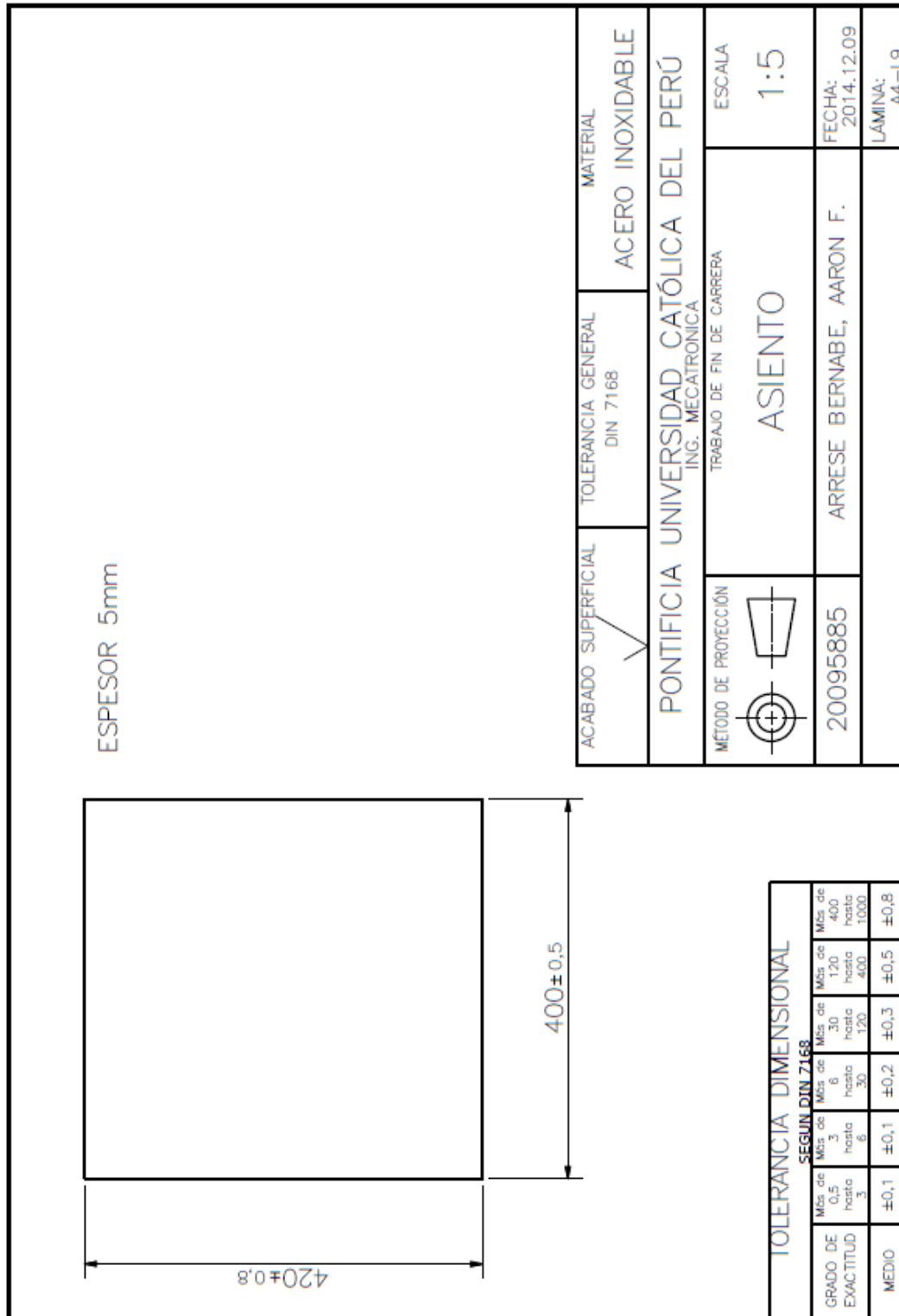


Figura 3.3.12. Asiento.

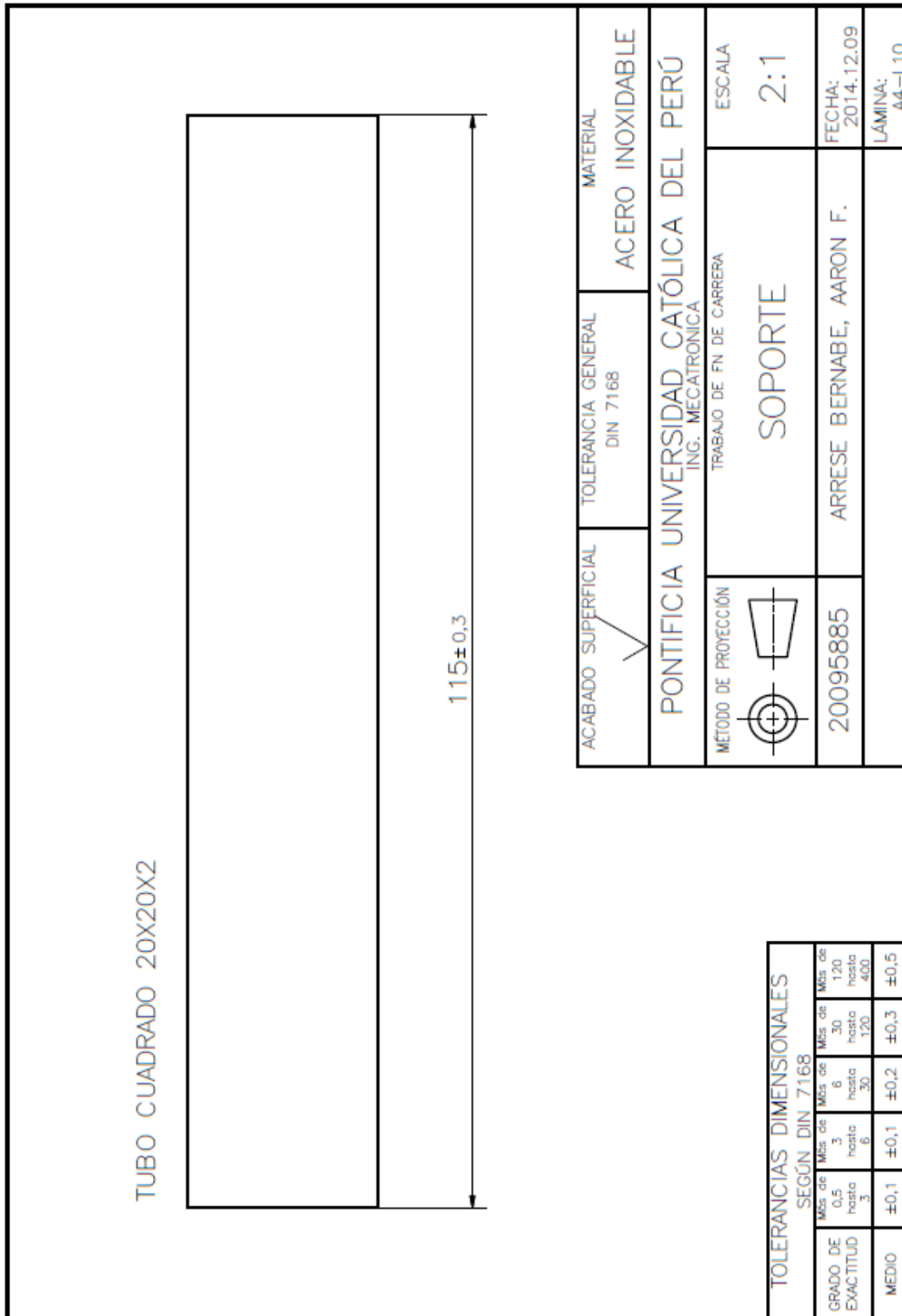


Figura 3.3.13. Soporte. Sirve de apoyo a los brazos

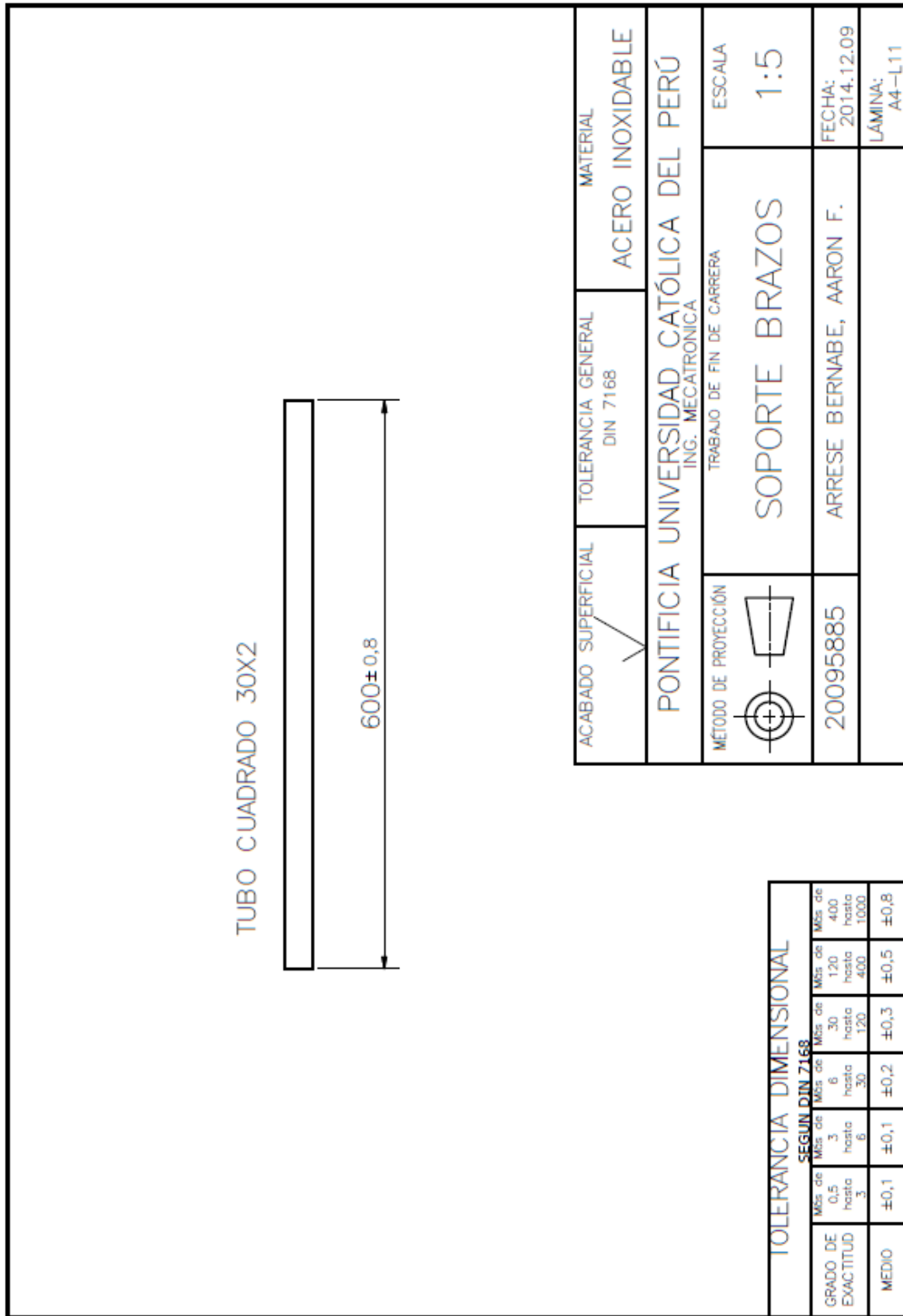


Figura 3.3.14 Soporte para brazos.

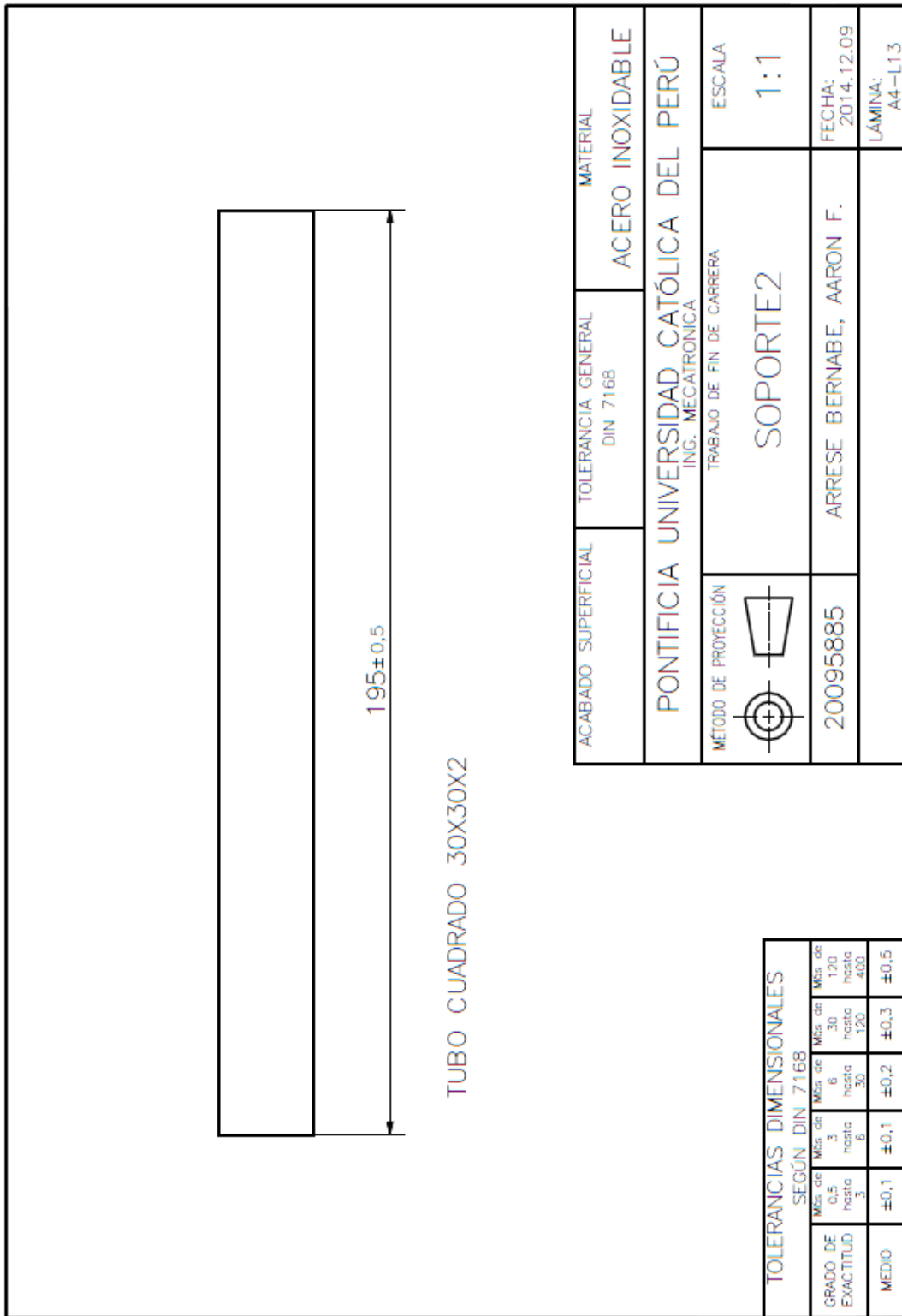


Figura 3.3.15. Soporte entre el espaldar de la silla y el tubo en donde se colocan los brazos

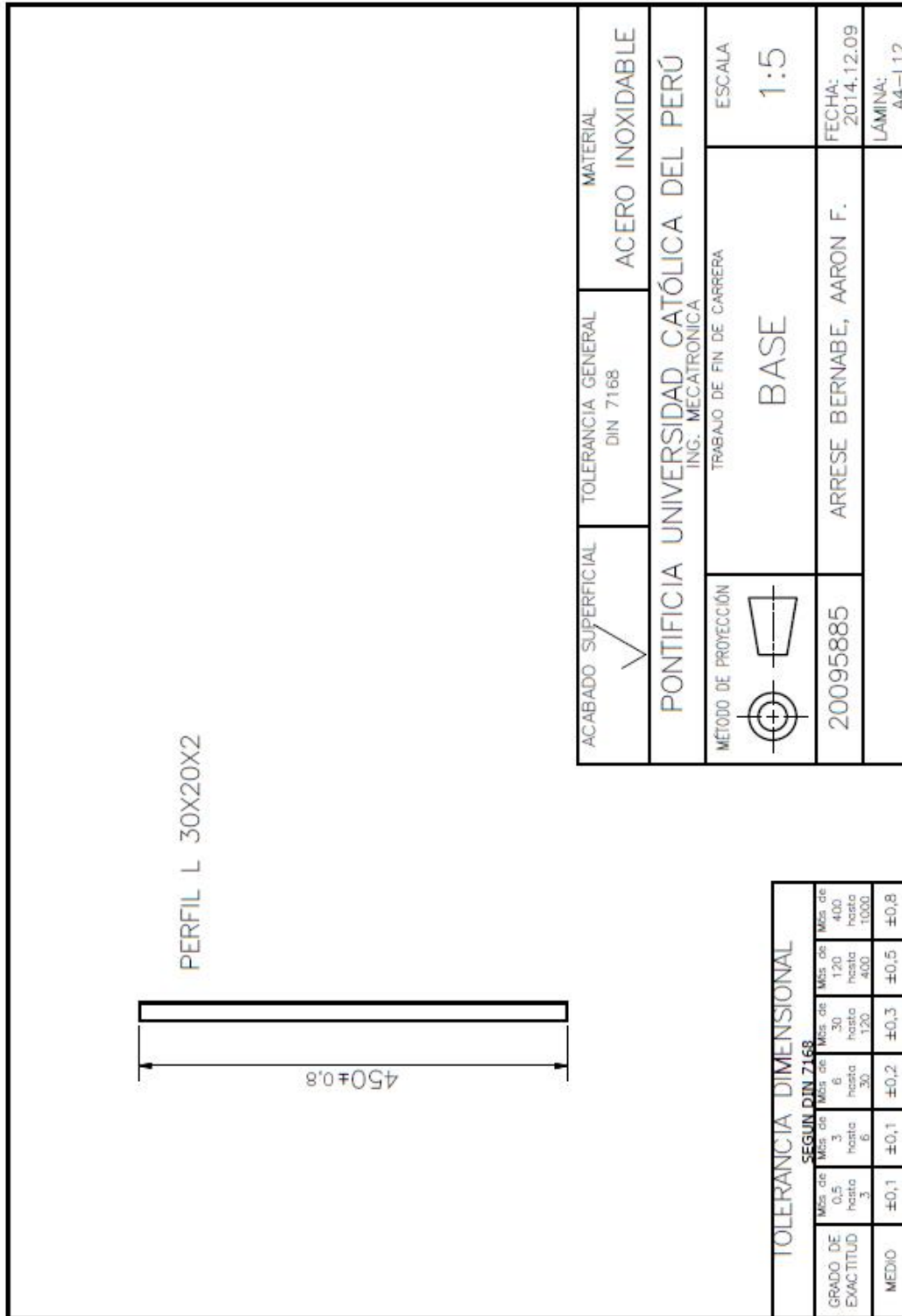


Figura 3.3.2. Plano 12. Esta pieza sirve como soporte de todo el sistema, son las patas de la silla.

3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico

El siguiente diagrama esquemático muestra el sistema que activa las electroválvulas, en total se tienen 8 tarjetas pequeñas iguales, no se colocó en una sola tarjeta para utilizar mejor el espacio.

R1 es una resistencia de 180ohmnios, calculada para que la corriente no exceda a la que puede soportar el componente ni a la que puede entregar el arduino, la figura del medio es un optoacoplador, los pines SL3-1 y SL2-1 están conectadas a tierra (distinta a la de SL1-1) SL3-2 está conectado a 12V y SL2-2 junto con SL2-1 se conectan a los terminales de una de las electroválvulas.

Es necesario hacer la distinción de tierras debido a que una de ellas es la del arduino (control) mientras que la otra se obtiene de una fuente distinta.

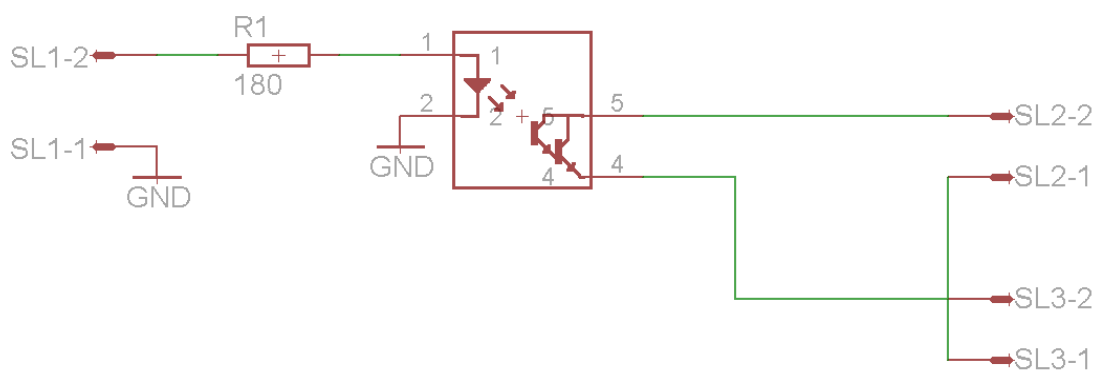


Figura 3.4.1. Control individual de electroválvulas.

En el siguiente esquemático (figura 3.4.2.) se muestra un divisor de corriente el cual recibe la señal del sensor de posición y la entrega al arduino, el uso de un divisor de corriente es necesario para no exceder el valor límite de corriente que puede tener una entrada del arduino, se tienen 2 sensores por cada cilindro, uno para detectar la posición máxima en el avance y otro para la posición mínima en el retroceso, esto podría ser realizado por un solo sensor, pero se corre el riesgo de tener una señal muy baja en una de las posiciones (debido al divisor de corriente) y que no sea detectada por el controlador.

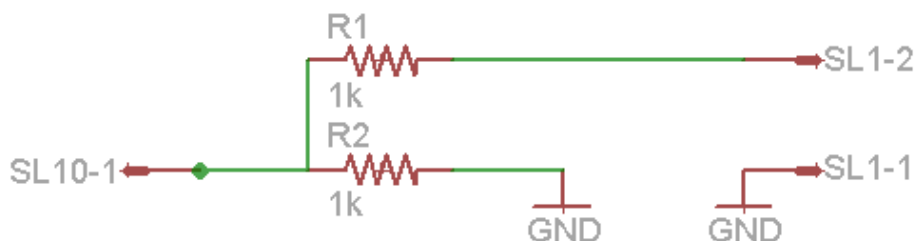


Figura 3.4.2. Divisor de corriente para el sensado de posición.

El siguiente esquemático (figura 3.4.3) muestra el control con el cual el especialista encargado de la terapia podrá definir el nivel de entrenamiento y las partes específicas a entrenar, adicionalmente podrá detener el sistema de ser necesario los pulsadores representan lo siguiente: inicio, parada, nivel 1, nivel 2, nivel 3, antebrazo derecho, antebrazo izquierdo, brazo derecho, brazo izquierdo.

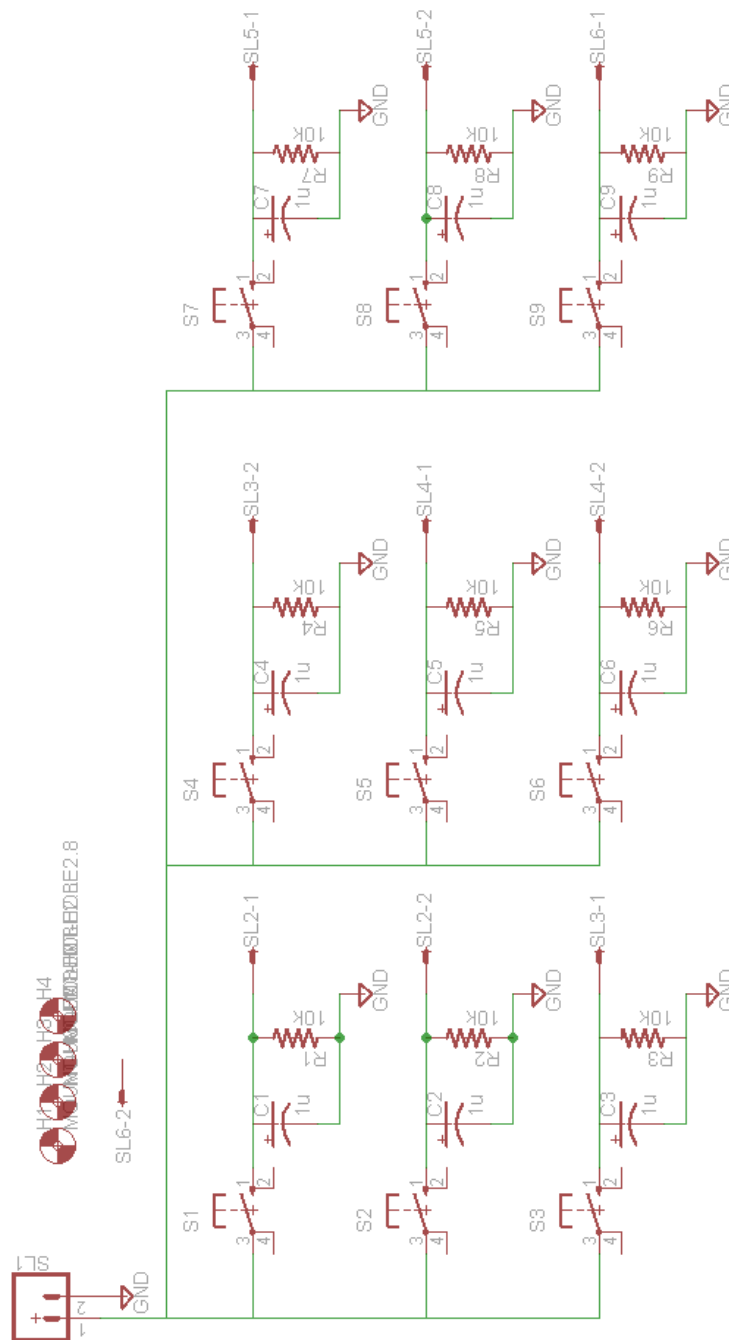


Figura 3.4.3. Control del sistema

El siguiente esquemático (figura 3.4.4.) muestra el diagrama general del sistema mecatrónico con todas las conexiones en el controlador principal.

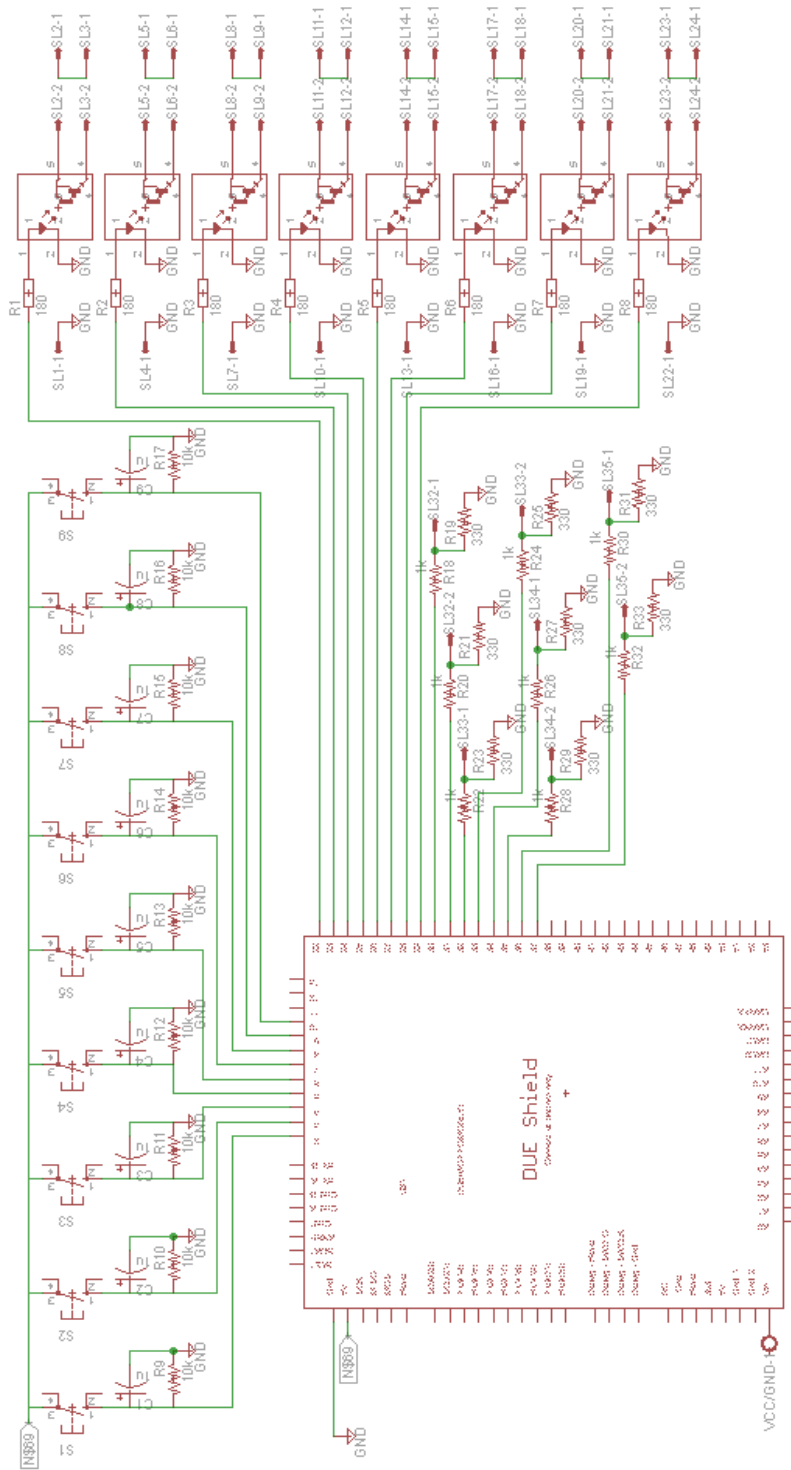


Figura 3.3.4. Diagrama general del sistema mecatrónico

3.5 Diagrama de flujo del programa de control

Los siguientes diagramas (3.1.1., 3.1.2. y 3.1.3.) Muestran la lógica que se utiliza en el funcionamiento del sistema, el especialista deberá ingresar en primer lugar el nivel de entrenamiento en el que se encuentra el paciente, este podrá ser 1, 2 o 3, esto hará que el controlador envíe una señal a la válvula proporcional para tener el valor de presión adecuado, posteriormente ingresará las partes a ejercitar (antebrazo izquierdo, antebrazo derecho, brazo izquierdo y brazo derecho), en el nivel uno, solo será posible mover una parte a la vez, en los niveles 2 y 3 se moverán como máximo ambos antebrazos y, posteriormente, ambos brazos (dependerá de los valores ingresados por el especialista). Cabe mencionar que el pulsómetro estará activo todo el tiempo, si el ritmo cardíaco del paciente sube, se mostrará en su display, por otro lado, el sistema contará con un botón de parada, el cual funciona como una interrupción, si es apretado, se para el sistema.

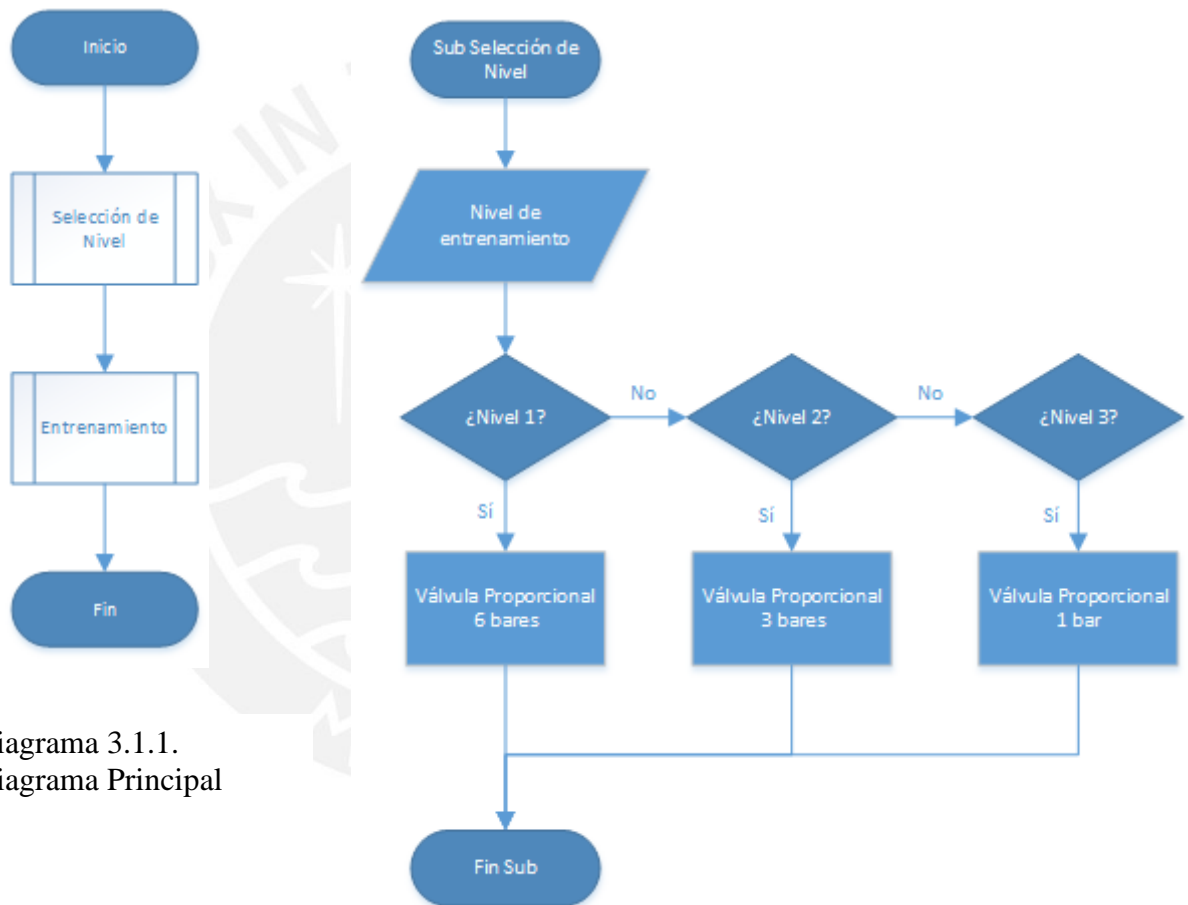


Diagrama 3.1.1.
Diagrama Principal

Diagrama 3.1.2. Subrutina de la selección del nivel de entrenamiento.

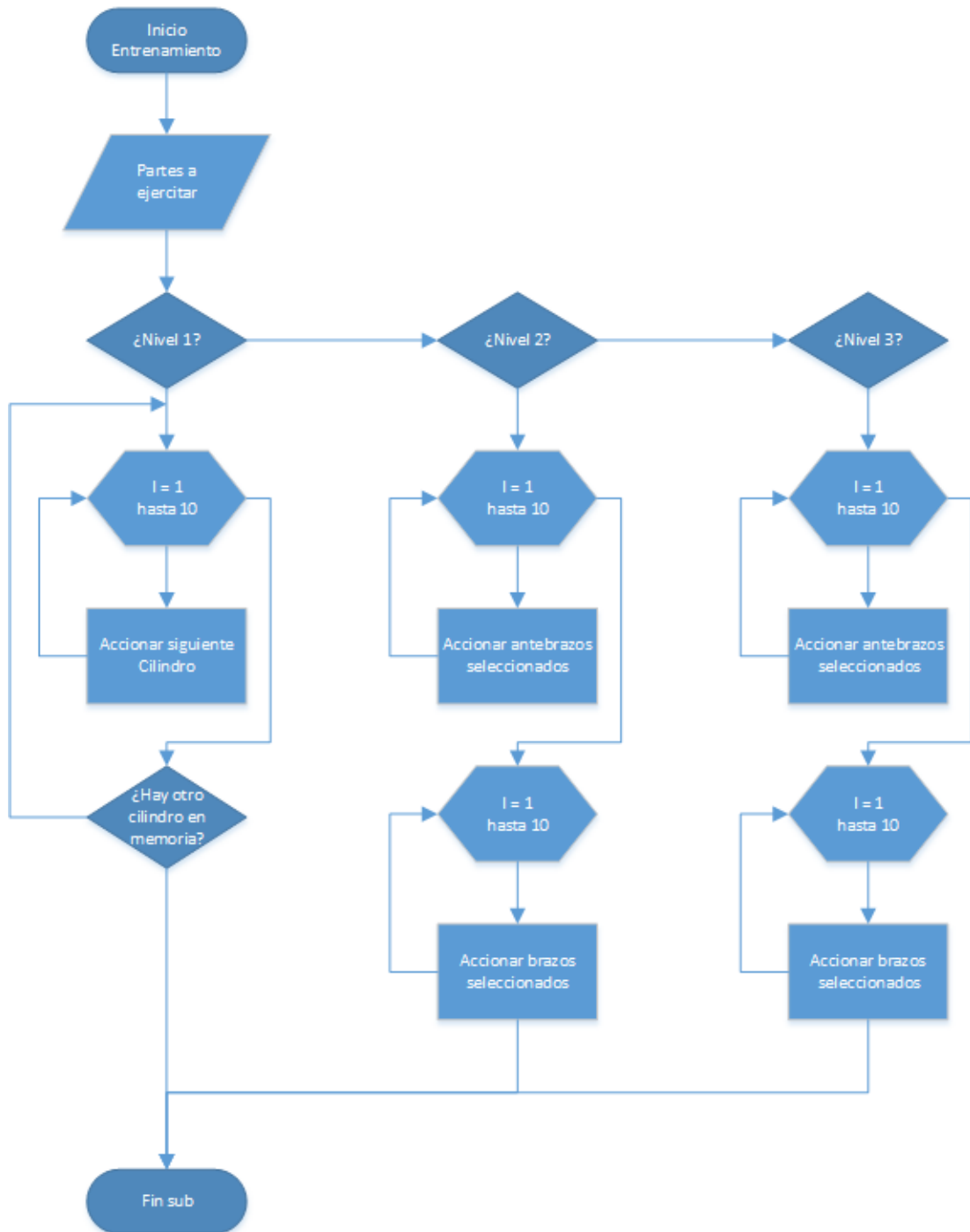


Diagrama 3.1.3. Subrutina de la selección de ejercicios

Capítulo 4

Presupuesto

La siguiente tabla (4.1) muestra el costo total del sistema mecatrónico completo

Tabla 4-1: Presupuesto de todo el sistema mecatrónico

Concepto	Precio unitario(S./.)	Cantidad	Total (S./.)
Materiales			
Soporte para brazo	20	2	40
Perfil L	20	4	80
Tubo cuadrado 600mm de largo	20	1	20
Tubo cuadrado 195/115mm de largo	10	4	40
Tubo de aluminio	30	1	30
Plancha inox 40x60x5mm	145	1	145
Plancha inox 42x40x5mm	100	1	100
Cilindro Festo	250	4	1000
Electroválvula 5/2	350	8	2800
Sensor de posición	150	8	1200
Bloque de distribución	85	1	85
Racor recto	9	8	72
Metro de manguera	4.5	10	45
Unidad de mantenimiento	280	1	280
Cojín de gel	75	2	150
Fuente para el arduino	30	2	60
Arduino uno	85	1	85
Arduino due	150	1	150
Pulsómetro e interfaz	500	1	500
Fabricación			
Soporte para cilindro	30	8	240
Unión	20	8	160
Soldadura 10mm	15	10	150
Soldadura 15mm	60	1	60
Fabricación de acoples	50	4	200
agujero ø12	6	8	48
agujero ø8	5	34	170
agujero ø6	5	16	80
Tarjeta modelo 1	10	8	80
Tarjeta modelo 2	20	1	20
Tarjeta modelo 3	18	1	18
Gastos no considerados			1000
		Total	9108

Dentro de los gastos no considerados se encuentran los siguientes:

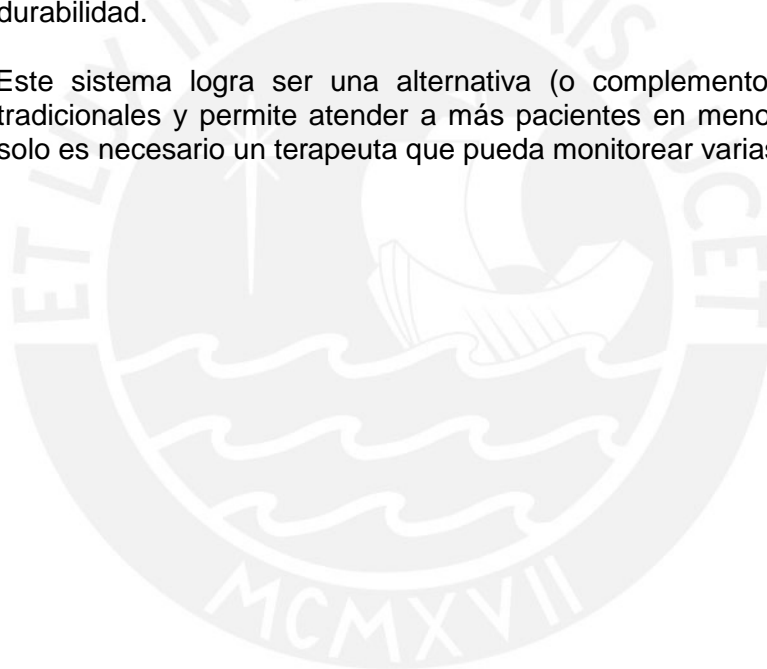
Gastos no considerados	Precio Aproximado (S/.)
Compresor de aire	200
Escuadras para sujeción de la silla	80
Tablero electrónico	120
Electroválvula proporcional	400
Componentes electrónicos	150
Reserva	50
Total	1000



Capítulo 5

Conclusiones

- El diseño logra controlar la fuerza que deberá ser usada por el paciente, los tres niveles existentes permiten monitorear el avance del paciente, además de mostrar qué tanto ha mejorado realmente a lo largo de las terapias.
- El diseño limita el movimiento del paciente, con esto se asegura que sus articulaciones no excedan el rango en donde el ejercicio tendrá un efecto positivo, esto es crítico, ya que de ser así se podría agravar una lesión existente e incluso crear lesiones nuevas.
- El diseño propuesto permite que el paciente tenga sesiones debajo del agua, y gracias a los materiales seleccionados se puede asegurar su alta durabilidad.
- Este sistema logra ser una alternativa (o complemento) a los métodos tradicionales y permite atender a más pacientes en menos tiempo, ya que solo es necesario un terapeuta que pueda monitorear varias máquinas.



Bibliografía

- [1] KISNER Carolyn y ALLEN COLBY Lynn , *Ejercicio Terapéutico: Fundamentos y técnicas*. Traducción de: Pedro González del Campo Román, Barcelona: Editorial Paidotribo, 2005.
- [2] CASTAÑEDA-GUARDERAS, Ana, BELTRÁN-ALE, Guillermo, CASMA-BUSTAMANTE, Renzo, RUIZ-GROSSO, Paulo y MÁLAGA, Germán. REGISTRO DE PACIENTES CON ACCIDENTE CEREBRO VASCULAR EN UN HOSPITAL PÚBLICO DEL PERÚ, 2000-2009, *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 2011. Disponible en http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S1726-46342011000400008&script=sci_arttext>
- [3] AMERICAN HEART ASSOCIATION, Heart Disease and Stroke Statistic. 2013 update. Disponible en <http://circ.ahajournals.org/content/127/1/e6.full.pdf+html>>
- [4] GUTIERREZ, R., NIÑO-SUAREZ, A., AVILES-SANCHEZ, O., VANEGAS, F. Y DUQUE, J. *Exoesqueleto Mecatrónico Para Rehabilitación Motora*. 8° Congreso Iberoamericano de Ingenieria Mecánica. Cusco. Octubre de 2007. Disponible en http://www.researchgate.net/publication/228090534_Exoesqueleto_mecatronico_para_rehabilitacin_motora>
- [5] XIKAI TU, Jian Huang and LIGUO YU, Qi Xu. Design of a Werable Rehabilitation Robot Integrated with Functional Electrical Simulation. The Fourth IEEE RAS/EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics. Roma, Italy. June 2012.
- [6] LIN, Yu-Cheng, WANG, Mao-Jiun and WANG, Eric. The Comparisons of anthropometric characteristics amog four peoples in East Asia. *Applied Ergonomics*. January 2014. Disponible en https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCwQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F8599994_The_comparisons_of_anthropometric_characteristics_among_four_peoples_in_East_Asia%2Flinks%2F02e7e5231e3ea9bd7b000000&ei=PFyGVMaHE8ergwS0k4GwCw&usq=AFQjCNG_-_fHwrTjcaOBclYRm1SA1GRDRQ&sig2=67BSVSz39_pkJ04mCeEEYg&bvm=bv.80642063,d.eXY&cad=rja>