

**Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)**

**Escuela Superior de Ingeniería y  
Tecnología**

**Máster en Diseño Industrial y Desarrollo de  
Producto**

**Diseño de máquinas  
especializadas de  
ejercicios para uso  
en espacios públicos**

**Trabajo Fin de Máster**

**presentado por:** Clavijo Vargas, Andrés Gerardo

**Director/a:** Prieto Rico, Ignacio

Ciudad: Bogotá

Fecha: 16/07/2020

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

## Índice de contenido

Índice de contenido .....	2
Índice de figuras .....	4
Índice de tablas .....	6
Resumen.....	8
Abstract.....	8
Capítulo 1: Introducción .....	9
Capítulo 2: Estado del Arte.....	11
2.1 Biomecánica del deporte .....	11
2.1.1 Grupos musculares .....	11
2.1.2 Entrenamiento de fuerza .....	12
2.1.3 Incremento muscular .....	12
2.1.4 Ejercicios recomendados por grupo muscular .....	13
2.2 Equipos para el acondicionamiento físico .....	13
2.2.1 Pecho.....	14
2.2.2 Espalda .....	15
2.2.3 Piernas.....	18
2.3 Equipos para el acondicionamiento físico al aire libre .....	19
2.4 Conclusiones de la revisión .....	26
2.5 Grado de innovación.....	26
Capítulo 3: Objetivos .....	27
3.1 Objetivo general.....	27
3.2 Objetivos específicos .....	27
3.3 Metodología del trabajo .....	27
3.3.1 Diseño Conceptual: .....	27
3.3.2 Diseño de detalle:.....	28
3.3.3 Evaluación y verificación: .....	28
Capítulo 4:.....	29
4.1 Planificación del Proyecto .....	29
4.1.1 Método PERT.....	29
4.1.2 Diagrama de red del método PERT / CPM .....	30
4.1.3 Diagrama de Gantt .....	31
4.2 Identificación de requisitos.....	33
4.2.1 Identificación de la necesidad.....	33
4.2.2 Público objetivo .....	33
4.2.3 Especificaciones de diseño .....	39

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo
4.3 Descripción de los procesos .....	40
4.3.1 Concepción del sistema .....	40
4.3.2 Modelado CAD .....	44
4.3.3 Fabricación.....	56
4.4 Pliego y Evaluación.....	71
4.4.1 Objeto .....	71
4.4.2 Justificación.....	71
4.4.3 Objetivos .....	72
4.4.4 Innovación y relevancia .....	72
4.4.5 Planificación del Proyecto .....	72
4.4.6 Descripción de los procesos y componentes.....	72
4.4.7 Planos y bocetos .....	73
4.4.8 Plan de viabilidad Económica.....	73
4.4.9 Estrategia y plan de comunicación .....	79
4.4.10 Normativa de calidad, medio ambiente, seguridad y salud .....	80
4.4.11 Evaluación.....	81
Capítulo 5:.....	87
5.1 Conclusiones .....	87
5.2 Trabajos futuros .....	88
Capítulo 6: Referencias bibliográficas .....	89
Anexos: Planos de fabricación .....	92

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

## Índice de figuras

Figura 1: Grupos musculares. Fuente: <a href="https://bit.ly/3cEvHsq">https://bit.ly/3cEvHsq</a> .....	11
Figura 2: Equipos al aire libre para pecho. Fuente: <a href="https://bit.ly/3ePlz25">https://bit.ly/3ePlz25</a> .....	20
Figura 3: Equipos al aire libre para espalda. Fuente: <a href="https://bit.ly/3ePlz25">https://bit.ly/3ePlz25</a> .....	20
Figura 4: Equipos al aire libre para piernas. Fuente: <a href="https://bit.ly/3ePlz25">https://bit.ly/3ePlz25</a> .....	20
Figura 5: Línea Calistenia de EcoGym. Fuente: <a href="https://bit.ly/357Lo8P">https://bit.ly/357Lo8P</a> .....	21
Figura 6: Línea Circuito Militar de EcoGym. Fuente: <a href="https://bit.ly/3aLPViN">https://bit.ly/3aLPViN</a> .....	21
Figura 7: Máquinas para pecho al aire libre Fitix. Fuente: <a href="https://bit.ly/2yNlb28">https://bit.ly/2yNlb28</a> .....	22
Figura 8: Máquinas para piernas al aire libre Fitix. Fuente: <a href="https://bit.ly/2yNlb28">https://bit.ly/2yNlb28</a> .....	22
Figura 9: Multifuerzas para el aire libre Royca Gym. Fuente: <a href="https://bit.ly/2KxFB38">https://bit.ly/2KxFB38</a> .....	22
Figura 10: Máquinas de ejercicios al aire libre Bantracol. Fuente: <a href="https://bit.ly/2KDHACS">https://bit.ly/2KDHACS</a> ...	23
Figura 11: Equipos Forma de polea alta y remo. Fuente: <a href="https://bit.ly/3eRpVWg">https://bit.ly/3eRpVWg</a> .....	23
Figura 12: Equipos Forma para piernas. Fuente: <a href="https://bit.ly/3eRpVWg">https://bit.ly/3eRpVWg</a> .....	23
Figura 13: Equipos Forma para pecho y hombros. Fuente: <a href="https://bit.ly/3eRpVWg">https://bit.ly/3eRpVWg</a> .....	24
Figura 14: Mancuernas ajustables Bowflex y Power block. Fuente: <a href="https://bit.ly/2YbuBAz">https://bit.ly/2YbuBAz</a> ...	24
Figura 15: Patentes de mancuernas. Fuente: <a href="https://bit.ly/2yL2b5E">https://bit.ly/2yL2b5E</a> y <a href="https://bit.ly/2xejueV">https://bit.ly/2xejueV</a> ..	25
Figura 16: Diagrama de red PERT .....	30
Figura 17: Diagrama de Gantt del proyecto .....	32
Figura 18: Resultados de la encuesta a la pregunta 1: Fuente propia .....	35
Figura 19: Resultados de la encuesta a la pregunta 2. Fuente: propia .....	35
Figura 20: Resultados de la encuesta a la pregunta 3. Fuente: propia .....	36
Figura 21: Resultados de la encuesta a la pregunta 4. Fuente: propia .....	36
Figura 22: Resultados de la encuesta a la pregunta 5. Fuente: propia .....	36
Figura 23: Resultados de la encuesta a la pregunta 6. Fuente: propia .....	37
Figura 24: Respuestas de la encuesta a la pregunta 7. Fuente: propia .....	37
Figura 25: Respuestas de la encuesta a la pregunta 8. Fuente: propia .....	37
Figura 26: Respuestas de la encuesta a la pregunta 9. Fuente: propia .....	38
Figura 27: Bocetos exploratorios para el equipo del tren superior. Fuente: propia .....	40
Figura 28: Bocetos exploratorios para el equipo de tren superior. Fuente: propia .....	41
Figura 29: Bocetos de algunos conceptos propuestos. Fuente: propia .....	41
Figura 30: Propuesta inicial para equipo del tren inferior. Fuente: propia .....	42
Figura 31: Bocetos exploratorios para el equipo del tren inferior. Fuente: propia .....	43
Figura 32: Bocetos funcionales para el equipo del tren inferior. Fuente: propia .....	43
Figura 33: Bocetos descriptivos del equipo para el tren inferior. Fuente: propia .....	43
Figura 34: Bocetos seleccionados para desarrollar en CAD. Fuente: propia .....	44

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

Figura 35: Población laboral sexo masculino de 20 a 39 años. Fuente: (Ávila Chaurand, Prado León, & González Muñoz, 2007) .....	45
Figura 36: Modelo virtual contrastado con los promedios obtenidos. Fuente: propia .....	46
Figura 37: Diseño definitivo del equipo para el tren superior. Fuente: propia .....	46
Figura 38: Ejercicios de espalda que se pueden realizar en el equipo. Fuente: propia .....	47
Figura 39: Mecanismo para realizar el ejercicio de paralelas. Fuente: propia .....	48
Figura 40: Mecanismo para realizar flexiones usando la barra Z. Fuente: propia .....	48
Figura 41: Sistema para realización de aperturas de pecho. Fuente: propia .....	49
Figura 42: Sistema de apertura. Fuente: propia .....	49
Figura 43: Detalle del patín y agarre del sistema de apertura. Fuente: propia .....	50
Figura 44: Ilustración para la realización de un ejercicio para los hombros. Fuente: propia..	50
Figura 45: Diseño preliminar en detalle del equipo para el tren inferior. Fuente: propia.....	51
Figura 46: Vista en sección del equipo y detalle de la transmisión. Fuente: propia .....	51
Figura 47: Diseño alternativo del equipo para el tren inferior. Fuente: propia .....	52
Figura 48: Ejercicios de piernas que se pueden realizar en el equipo. Fuente: propia.....	53
Figura 49: Mecanismo selector de las cargas. Fuente: propia .....	54
Figura 50: Carcasa protectora del sistema de carga. Fuente: propia .....	54
Figura 51: Sello de cepillo para puertas, ventanas, etc. Fuente: <a href="https://bit.ly/2BuMNV0">https://bit.ly/2BuMNV0</a> .....	54
Figura 52: Sistema de amortiguación para el respaldar del asiento. Fuente: propia .....	55
Figura 53: Mecanismo para el soporte de los hombros. Fuente: propia.....	55
Figura 54: Despiece y lista de componentes de la máquina tren superior. Fuente: propia....	56
Figura 55: Despiece y lista de componentes del mecanismo de apertura. Fuente: propia....	56
Figura 56: Despiece y lista de componentes de la máquina tren inferior. Fuente: propia .....	59
Figura 57: Despiece y lista de componentes del sistema de carga. Fuente: propia .....	59
Figura 58: Despiece y lista de componentes del sistema de selección de carga. Fuente: propia .....	60
Figura 59: Despiece y lista de componentes de la plataforma de empuje. Fuente: propia....	60
Figura 60: Despiece y lista de componentes del bastidor principal. Fuente: propia .....	61
Figura 61: Despiece y lista de componentes del sistema del respaldar. Fuente: propia .....	61
Figura 62: Despiece y lista de componentes del mecanismo de apoyo para hombros. Fuente: propia.....	62
Figura 63: Despiece y lista de componentes de la carcasa de protección de la carga. Fuente: propia.....	62
Figura 64: Proceso tentativo de producción en serie. Fuente: propia .....	70
Figura 65: Líneas de producción para el proceso de fabricación en serie. Fuente: propia....	70
Figura 66: Análisis de esfuerzos de la estructura del equipo tren superior. Fuente: propia...81	

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

Figura 67: Análisis de esfuerzos del mecanismo de aperturas. Fuente: propia .....	82
Figura 68: Análisis de esfuerzos de la barra para las paralelas. Fuente: propia .....	82
Figura 69: Análisis de esfuerzos en el bastidor del equipo tren inferior. Fuente: propia.....	83
Figura 70: Análisis de esfuerzo del sistema de selección de cargas. Fuente: propia.....	83
Figura 71: Análisis de esfuerzo sobre bastidor que soporta la carga. Fuente: propia .....	84
Figura 72: Resultados del cálculo de los resortes usados en el respaldar. Fuente: propia ...	84
Figura 73: Infografía de los equipos diseñados. Fuente: propia .....	86

## Índice de tablas

Tabla 1: Comparativa de banco plano.....	14
Tabla 2: Accesorios para flexiones.....	15
Tabla 3: Comparativa de banco de dominadas .....	16
Tabla 4: Comparativa de máquinas de remo.....	17
Tabla 5: Comparativa de máquinas de remo con poleas.....	17
Tabla 6: Comparativa de máquinas de sentadillas con peso libre .....	18
Tabla 7: Comparativa de máquinas de prensa tradicionales. ....	19
Tabla 8: Aplicación del Método PERT .....	29
Tabla 9: Aplicación del Método CPM.....	31
Tabla 10: Modelo de encuesta realizado. Fuente: propia .....	34
Tabla 11: Promedio antropométrico de la población en estudio. Fuente: propia.....	45
Tabla 12: Procesos de fabricación del equipo tren superior. Fuente: propia.....	57
Tabla 13: Procesos de fabricación del mecanismo de apertura. Fuente: propia .....	58
Tabla 14: Procesos de fabricación del equipo tren inferior. Fuente: propia.....	63
Tabla 15: Procesos de fabricación del sistema de carga. Fuente: propia .....	63
Tabla 16: Procesos de fabricación del mecanismo de carga. Fuente: propia .....	64
Tabla 17: Procesos de fabricación de la plataforma de empuje. Fuente: propia .....	65
Tabla 18: Procesos de fabricación del bastidor principal. Fuente: propia .....	65
Tabla 19: Procesos de fabricación del sistema del respaldar. Fuente: propia.....	66
Tabla 20: Procesos de fabricación del mecanismo para hombros. Fuente: propia .....	66
Tabla 21: Procesos de fabricación de la carcasa de protección. Fuente: propia.....	67
Tabla 22: Lista de materiales utilizados en los dos equipos. Fuente: propia.....	67
Tabla 23: Lista de componentes bajo pedido. Fuente: Propia .....	68
Tabla 24: Listado de maquinaria recomendada para la fabricación. Fuente: varios.....	69
Tabla 25: Costos estimados de materiales. Fuente: propia .....	73

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

Tabla 26: Costos de fabricación aproximado (COP) por máquina y por línea de producción. Fuente: propia .....	74
Tabla 27: Estado de ganancias y pérdidas mínimas por proyecto. Fuente: propia .....	75
Tabla 28: Estado de ganancias y pérdidas mínimas durante un año de operaciones. Fuente: propia .....	77
Tabla 29: Comparativa entre los equipos diseñados y similares comerciales indoors. Fuente: propia .....	78
Tabla 30: Comparativa entre los equipos diseñados y similares comerciales outdoors. Fuente: propia .....	78
Tabla 31: Estrategia y plan de comunicación del producto. Fuente: Propia .....	79
Tabla 32: Normativas aplicables a la producción del producto. Fuente: Propia .....	80

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

## Resumen

Es común observar hoy en día en los parques de las ciudades equipos y máquinas de recreación para realizar ejercicios al aire libre orientadas generalmente a personas sedentarias o principiantes, puesto que manejan niveles de carga bajos o prácticamente nulos. A pesar de que resuelven una necesidad latente en la población por su practicidad y relativo bajo costo de producción, los equipos presentan bajos estándares en ingeniería y ergonomía. Este proyecto promueve el desarrollo de equipos destinados a proporcionar un entrenamiento integral y completo del cuerpo, enfocado en la hipertrofia de los grupos musculares principales. Para ello, basado en la revisión de los diseños existentes, se hace una propuesta de diseño que incorpora mejoras en ámbitos como la funcionalidad, estética y capacidad de manejo de diferentes cargas en los ejercicios realizados. Finalmente, el equipamiento diseñado permite la realización de diferentes ejercicios que cubren la mayoría de grupos musculares principales con solo dos máquinas.

**Palabras Clave:** Grupos musculares, hipertrofia, ejercicios, parques urbanos

## Abstract

It is usual in these days to observe recreational equipment for outdoor exercises in city parks, these equipment targets sedentary people or beginners, due to it handles low or practically no-load levels. It is clear these machines solved a need in the population, because of its practicinity and relative low production cost, but presents low standards in engineering and ergonomics. This project promotes the development of equipment aimed to supply a complete body training, focused on hypertrophy of the main muscle groups. To do this, based on the review of existing equipment, a design is made that includes improvements such as functionality, aesthetics and ability to handle different loads in the exercises performed. Finally, the designed equipment allows the performance of different exercises that cover the majority of major muscle groups with only two machines.

**Keywords:** Muscle groups, hypertrophy, exercises, city parks



Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

## Capítulo 1: Introducción

En la sociedad actual existe una tendencia muy marcada hacia el cuidado personal y buenos hábitos que garanticen y mejoren la calidad de vida, tales como: alimentación sana y ejercitarse periódicamente. La industria privada es consciente de esa situación, lo que ha conllevado a una considerable inversión en el incremento de gimnasios privados (Lozano, 2015) (Portafolio, 2019). Por otro lado, el gobierno apuesta por ofrecer alternativas gratuitas para todos los interesados (Cortés, 2013) (Instituto Distrital de Recreación y Deporte, 2017), a su vez que promueve la accesibilidad del ciudadano en su uso (Medellín, 2015).

El presente proyecto busca proveer un servicio público para aquellas personas amantes del fitness, de manera que puedan tener acceso a maquinas similares y con las mismas condiciones de carga, pero ubicadas al aire libre en espacios públicos y gratuitos. Para el día de hoy, los equipos de recreación para el entrenamiento en la mayoría de parques a nivel nacional presentan la característica de estar orientados hacia personas sedentarias o principiantes, puesto que los niveles de carga y resistencia que manejan suelen ser muy bajos o prácticamente nulos “...un parque con atracciones infantiles típicas, ....se encuentra sobre un piso gris, maquinas hechas de tubos de colores, ... la mayoría de ellas no cuentan con un sistema que necesite de fuerza, es decir se pueden usar sin mucha fuerza...” (Gutierrez, 2017). No obstante, se encuentran máquinas de gimnasio que han sido adaptadas para su uso al aire libre pero que presentan inconvenientes de seguridad, en especial niños y adolescentes.

Estos equipos resuelven una necesidad de recreación presente en la población debido a su practicidad y relativo bajo costo de producción que permiten la accesibilidad a los mismos. Por ejemplo, el Instituto de Deportes y Recreación de Medellín (INDER) indica que “en el análisis que se hace con los gestores, y sin tener un dato exacto, se puede llegar a más de 250.000 usuarios en promedio mensual en estos equipamientos” (Buitrago Gallego, 2017). Recientemente, se equipó la ciudad de Bogotá con equipos con mejor diseño (Cuevas, 2016), mejores acabados y mejor capacidad de carga, pero aún distan de lo que un usuario promedio de gimnasio busca en sus entrenamientos típicos.

Este proyecto busca complementar los desarrollos e iniciativas ya existentes pero promueve un entrenamiento integral de fuerza y de cuerpo completo, enfocado en la mayoría de los grupos musculares y que permita a cualquier persona utilizarlas sin necesidad de un entrenador profesional presente, utilizando cargas considerables que incentiven la hipertrofia muscular. Por tanto, se pretende diseñar un grupo de máquinas para ejercicios especializadas para ser ubicadas en parques y zonas de recreación públicas y gratuitas que garanticen la accesibilidad para diferentes tipos de usuarios, desde principiantes y/o

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

sedentarios, hasta aquellos de alto rendimiento. Parte del reto es diseñar un producto que cubra necesidades como: durabilidad de materiales a la intemperie, diseños robustos frente a posibles vandalismos, aspectos medioambientales, así como la seguridad para cualquier tipo de usuario, en especial niños y adolescentes.

Para lograr esto, se plantea realizar una revisión del estado del arte en varios ámbitos: primero, establecer los ejercicios más importantes de acuerdo a los diferentes grupos musculares para lograr una hipertrofia muscular. Luego, conocer las diferentes máquinas más comunes en las cadenas gimnasios tradicionales. Seguido de familiarizarse con la disponibilidad de equipos presentes en los diferentes parques biosaludables a nivel nacional.

Con esta información se pretende diseñar uno o varios equipos que mejoren los que existen actualmente, a partir de la definición de un grupo objetivo y un estudio de mercado que genere una serie de requerimientos específicos del cliente, a través del uso de metodologías de diseño y procesos de fabricación típicos para el desarrollo de un prototipo de este estilo.

El presente informe se divide en capítulos donde se va mostrando de manera progresiva el desarrollo del proyecto. Se inicia realizando la planificación del mismo, estableciendo las diferentes tareas que deben cumplirse para su consecuente éxito. Luego se procede al planteamiento de bocetos exploratorios de acuerdo a la forma y a la función, para pasar a bocetos descriptivos donde se seleccionará la solución más adecuada, así como su viabilidad económica, cumpliendo de esta manera con todo lo referente al diseño conceptual.

En función de la solución obtenida se sigue con el diseño de detalle, que involucra la elaboración del modelo en CAD con sus respectivos planos e ilustraciones técnicas donde se definen todos los procesos de fabricación involucrados, así como sus costos. Entre los procesos de fabricación que se esperan utilizar para mantener bajo el costo de producción están: mecanizado usando fresadora y tornos convencionales, posiblemente CNC, procesos de soldadura con arco eléctrico y TIG. Aquellas piezas que estarán en contacto con el cuerpo serán de polipropileno, donde se plantea la compra de piezas a un tercero y el uso de moldes de inyección o mecanizado del polímero. Esta última parte de la fabricación, será planteada como propuesta a elaborar debido a que no se cuenta con los medios económicos para desarrollarla.

Finalmente, para una evaluación y verificación del diseño se plantea la posibilidad de realizar simulaciones con el software donde se realicen análisis estáticos de esfuerzos en función de las cargas aplicadas y así verificar la robustez del diseño de acuerdo a las condiciones naturales al aire libre.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

## Capítulo 2: Estado del Arte

En esta parte se explora y se hace una revisión profunda de los diferentes tópicos y conceptos relacionados con el proyecto a desarrollar. Se comienza con una revisión general de los conceptos acerca de la biomecánica deportiva del cuerpo humano y todo lo relacionado con actividades físicas, para luego pasar a estudiar los diferentes equipos que se utilizan en los gimnasios tradicionales y finalmente centrarse en los equipos comerciales y patentados referentes a actividades físicas al aire libre.

### 2.1 Biomecánica del deporte

“Es una ciencia interdisciplinaria que mide, analiza y proyecta integralmente las estructuras biológicas y los comportamientos mecánicos de los movimientos de personas dedicadas al rendimiento deportivo y/o al ejercicio, de manera de optimizar las técnicas de ejecución empleadas, explicar los mecanismos de las lesiones y proponer ayudas tecnológicas para mejorar la eficiencia” (Acero, 2013).

#### 2.1.1 Grupos musculares

El cuerpo humano está conformado por diferentes grupos musculares los cuales se pueden clasificar de acuerdo a muchos factores. Uno bastante común es de acuerdo al número de fibras que poseen y a su consumo de energía, donde se destacan los grupos musculares grandes por poseer gran cantidad de fibras y mayor consumo de energía, seguidos de los medianos y pequeños, en donde el número de fibras y consumo de energía va disminuyendo. En el grupo de los músculos grandes están los pectorales, dorsales y cuádriceps. Entre los medianos se encuentran bíceps, tríceps, hombros, isquiotibiales, glúteos y abdominales. Por último, entre los pequeños están los antebrazos, cuello y pantorrillas (Ver Figura 1).

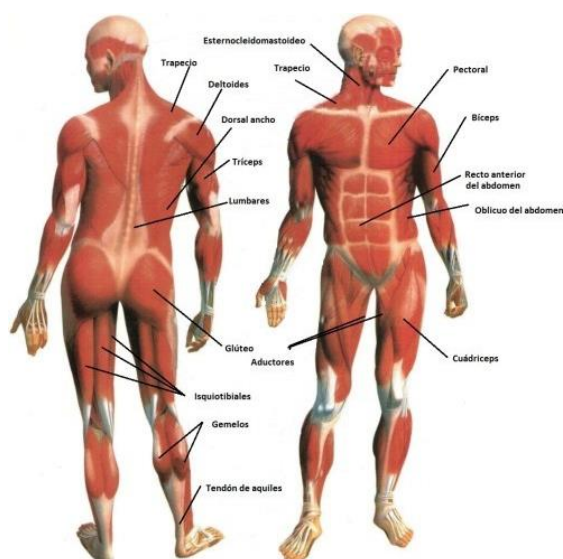


Figura 1: Grupos musculares. Fuente: <https://bit.ly/3cEvHsq>

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

Los músculos también se pueden clasificar de acuerdo al papel que cumplen durante su funcionamiento donde pueden comportarse como motores (agonista), estabilizadores (fijador) y neutralizadores (antagonista) (Blanco Nespereira, 2002).

### 2.1.2 Entrenamiento de fuerza

La tensión dentro del músculo es la que permite el fortalecimiento del mismo. A esto se le conoce como contracción muscular y se puede clasificar de la siguiente manera: concéntrica que es cuando el músculo se acorta, excéntrica cuando el músculo se alarga y estática cuando hay tensión pero ni se acorta ni se alarga (Blanco Nespereira, 2002).

### 2.1.3 Incremento muscular

Se debe a varios factores: por hipertrofia y por hiperplasia. El primero se refiere al incremento en tamaño de las fibras individuales, mientras que el segundo por aumento en el número de fibras musculares. La presencia de hiperplasia en los seres humanos es debatible, y si sucede, es probable que su contribución sea menor al 5%. Por ende, el modo principal del incremento muscular es la hipertrofia (Kraemer & Spiering, 2008), que viene acompañado de una mejora en la fuerza del músculo, resistencia del hueso y del rendimiento deportivo. Para lograrlo, va a depender de contar con un entrenamiento bien estructurado, nutrición adecuada y la predisposición genética que define el límite superior del tamaño del músculo.

#### ***Selección de ejercicios, organización y estructura de la sesión***

Para un entrenamiento de fuerza se recomienda establecer rutinas con las siguientes características (Heredia, Chulvi Medrano, Donate, Soro, & Costa, 2013):

- Globales: consisten en ejercicios que estimulan los grupos musculares más grandes, donde se recomiendan uno o dos ejercicios para cada grupo muscular.
- Por hemisferios: son sesiones alternativas donde en una de ellas se trabajan los grupos del tren superior y en otro el tren inferior.
- Por grupos musculares: se desarrolla planeando ejercicios para grupos musculares concretos.

La utilización de las diferentes rutinas depende de los objetivos, preferencias, nivel de capacidad y periodicidad. En cuanto a las sesiones se debe considerar la selección de los ejercicios de acuerdo a:

- Ejercicios de grupos musculares principales primero.
- Ejercicios multiarticulares primero.
- Para entrenamiento de potencia: los que implican una técnica compleja y adecuada primero.
- Rotar inicio de ejercicios agonistas/antagonistas.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

- Ejercicios más intensos primero (mayor % de 1RM – Repetición Máxima)

### ***Ejercicios para el desarrollo de fuerza e hipertrofia***

Los ejercicios más acertados para el aumento de fuerza son los movimientos olímpicos, puesto que engloban ejercicios de varios grupos musculares y multiarticulares tales como los usados en halterofilia. Sin embargo, para su consecuente desarrollo es obligatorio un trabajo de fortalecimiento en el resto de las estructuras involucradas, siendo necesarios ejercicios como: fondos, elevaciones de hombro, lumbares, abdominales, prensa, etc. Además, existen un grupo de ejercicios que, aunque no son tan eficientes como los olímpicos, son importantes para el incremento de fuerza, entre los que se destacan: la sentadilla y variantes, peso muerto, banco plano y dominadas (Quiroga Díaz, 2008).

### **2.1.4 Ejercicios recomendados por grupo muscular**

La mayoría de los entrenadores coincide que aquellos ejercicios donde se trabajen varios grupos musculares y con movimientos multiarticulares son los mejores para fomentar el crecimiento muscular que los que no. Por esta razón, se mencionan algunos (Vitónica, 2011) (Men's Health, 2020):

- Pierna: destacan las sentadillas frontales donde se trabajan los cuádriceps principalmente, pero también glúteos, isquiotibiales y lumbares. Por otro lado, peso muerto donde se solicitan los músculos alrededor de la columna, isquiotibiales y glúteos.
- Espalda: las dominadas trabajan los dorsales, redondos, romboides, flexores de los antebrazos y trapecios. También, el remo donde se solicitan dorsales, redondos, deltoides, bíceps, trapecio, romboide, braquial y supinador largo.
- Pecho: los ejercicios más básicos son el press de banca donde se trabaja con elevadas cargas los pectorales, tríceps, coracobraquial y deltoide anterior. Mientras que las flexiones y sus variantes son excelentes para trabajar el pectoral mayor y los tríceps.
- Abdominales: para trabajar toda la banda abdominal, pero en especial los rectos mayores ubicados por debajo del ombligo se recomienda la elevación de piernas y encogimiento de tronco.

## **2.2 Equipos para el acondicionamiento físico**




Existen innumerables equipos diseñados para trabajar los diferentes grupos musculares, la efectividad va a depender de diferentes variables como la posición del usuario, volumen de carga, arcos de movimiento, etc. A continuación, se hace una muestra de los equipos de gimnasio *indoor* más comunes para los grupos musculares considerados como más importantes: pecho, espalda y piernas.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

## 2.2.1 Pecho

- Press de banco plano: el ejercicio se realiza acostado boca arriba sobre un banco plano con los pies sobre el piso o sobre el mismo para proteger la zona lumbar. Es el reemplazo de las flexiones de pecho, debido a que se puede incrementar las cargas bien sea agregando más discos a la barra olímpica o utilizando mancuernas más pesadas. En cuanto a las marcas comerciales, se presenta una muestra de la tendencia en diseño de los bancos planos:

Tabla 1: Comparativa de banco plano

Empresa: Fitness Scape	Empresa: Life Fitness	Empresa: Titan Fitness
<b>Materiales:</b> estructura de acero y cuero. <b>Acabados:</b> muy buenos. <b>Colores:</b> negro y gris <b>Peso:</b> 300 lbf <b>Precio:</b> \$2495	<b>Materiales:</b> estructura de acero y cuero. <b>Acabados:</b> Excelentes. <b>Colores:</b> gran variedad de combinaciones <b>Peso:</b> 150 lbf <b>Precio:</b> \$1830	<b>Materiales:</b> estructura de acero y cuero. <b>Acabados:</b> muy buenos. <b>Colores:</b> negro y gris <b>Peso:</b> 1000 lbf <b>Precio:</b> \$1000
		
<b>Descripción:</b> este banco, a través de un sistema hidráulico, permite bajar para descargar la barra con el peso. Diseñado para cuando el usuario llega al fallo muscular y no puede hacer más repeticiones.	<b>Descripción:</b> este banco incorpora un recubrimiento de uretano que reduce el ruido y permite proteger y aumentar la durabilidad de la barra.	<b>Descripción:</b> se puede utilizar como banco plano y como banco para sentadillas con una gran estabilidad y adaptabilidad. El banco se puede remover para permitir un movimiento completo al realizar las sentadillas
<b>Aspectos positivos:</b> Buena estética y acabados Practico y característica diferenciadora Tamaño y resistencia adecuadas.	<b>Aspectos positivos:</b> Muy buena estética y acabados Tamaño y resistencia adecuadas.	<b>Aspectos positivos:</b> Buena estética y acabados Practico y ajustable Tamaño y resistencia adecuadas.
<b>Aspectos negativos:</b> Muy pesado. Costo muy elevado	<b>Aspectos negativos:</b> Pesado. Costo elevado Mecanismos para la adaptación de las diferentes posiciones imprácticos.	<b>Aspectos negativos:</b> Pesado. Costo alto
<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/3eKjtQP">https://bit.ly/3eKjtQP</a>	<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/2Kr55yS">https://bit.ly/2Kr55yS</a>	<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/34X2ZjM">https://bit.ly/34X2ZjM</a>

- Flexiones de pecho: es un ejercicio habitual y muy conocido. Para realizarlo las manos se colocan en el suelo por debajo de los hombros y con una abertura ligeramente mayor a estos, mientras que los pies deben estar juntos y apoyados en los dedos. El núcleo del cuerpo (core) se mantiene activo durante el ejercicio para mantener la posición y estabilidad del cuerpo (Falcón, s.f.). Por ser un ejercicio que necesita poco

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

o prácticamente nula ayuda de equipamiento y accesorios, existe poca variedad de oferta de implementos comerciales para su ejecución. Sin embargo, se destacan algunos que se muestran a continuación:

Tabla 2: Accesorios para flexiones




Empresa: K6 Fitness	Empresa: xBar Fitness	Empresa: Harbinger
<b>Materiales:</b> acero y ABS. <b>Acabados:</b> buenos. <b>Colores:</b> negro y rojo <b>Peso:</b> 2,2 lbf <b>Precio:</b> \$18	<b>Materiales:</b> acero, goma y bandas elásticas. <b>Acabados:</b> muy buenos. <b>Colores:</b> varios <b>Peso:</b> <b>Precio:</b> \$149	<b>Materiales:</b> Tela resistente, velcro y neopreno <b>Acabados:</b> buenos <b>Colores:</b> negro y verde <b>Peso:</b> 40 lbf <b>Precio:</b> \$300
		
<b>Descripción:</b> Consiste en un sistema rotativo para realizar flexiones más extremas, lo que conlleva a un mejor aprovechamiento del ejercicio y fortalecimiento de pecho, espalda y hombros. El mango está recubierto con ABS para mayor comodidad y agarre.	<b>Descripción:</b> La xBar de metal ligero pero resistente está diseñada con extremos giratorios. El acabado posee agarre de goma para mejor comodidad y sujeción.	<b>Descripción:</b> aumenta la resistencia para desarrollar fuerza, y resistencia del núcleo. Se ajusta en incrementos de una libra, hasta 20 libras. Cojines de doble acolchado en los hombros y el pecho para mayor comodidad, con una cubierta externa resistente a la abrasión, tirones y rasgaduras.
<b>Aspectos positivos:</b> Buena estética y acabados Fácil de guardar y transportar Practico y económico. Tamaño y resistencia adecuadas.	<b>Aspectos positivos:</b> Buena estética y acabados Fácil de guardar y transportar Practico puesto que involucra muchos ejercicios. Tamaño y resistencia adecuadas.	<b>Aspectos positivos:</b> Buena estética y acabados Fácil de guardar y transportar Practico involucra muchos ejercicios. Tamaño y resistencia adecuadas. Aporta carga al ejercicio
<b>Aspectos negativos:</b> No aporta carga y resistencia al ejercicio	<b>Aspectos negativos:</b> Aporta poca carga al ejercicio, limitado a las bandas	<b>Aspectos negativos:</b> Costo elevado
<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/2VT7xDD">https://bit.ly/2VT7xDD</a>	<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/3eMmfFm">https://bit.ly/3eMmfFm</a>	<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/3by9RGN">https://bit.ly/3by9RGN</a>

## 2.2.2 Espalda

- Dominadas: es un ejercicio que se realiza levantando el cuerpo con los brazos, mientras éste cuelga de una barra horizontal alta. Existen variaciones que dependen del tipo agarre de las manos si es supino, prono o neutro. En cuanto a las marcas comerciales, se consiguen infinidad de equipos que incluyen una barra alta para ejecutar este ejercicio en combinación con otros equipos. Por lo tanto, se muestran los enfocados a este ejercicio con los diferentes agarres:

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

Tabla 3: Comparativa de banco de dominadas

Empresa: Life Fitness	Empresa: Titanium	Empresa: Fitness Scape
<b>Materiales:</b> Acero, espuma y cuero <b>Acabados:</b> Muy buenos. <b>Colores:</b> varios <b>Peso:</b> 245 lbf <b>Precio:</b> \$2300	<b>Materiales:</b> Acero, espuma y cuero <b>Acabados:</b> Muy buenos. <b>Colores:</b> Negro <b>Peso:</b> <b>Precio:</b> \$699	<b>Materiales:</b> acero, espuma y cuero <b>Acabados:</b> Normales. <b>Colores:</b> Blanco y negro <b>Peso:</b> 62 lbf <b>Precio:</b> \$528
		
<b>Descripción:</b> la máquina de la serie Signature presenta tres opciones de ejercicios diferentes, tiene un tamaño compacto y está hecha a la medida de sus necesidades.	<b>Descripción:</b> esta máquina presenta cuatro opciones de ejercicios diferentes como pecho, dominadas, abdominales, etc. Tiene un tamaño compacto.	<b>Descripción:</b> es un equipo de gimnasia de acero de alta resistencia. La torre está diseñada ergonómicamente con un ángulo inverso de 10° para aumentar el rango de movimiento abdominal y bloquear de forma segura a los usuarios en su posición
<b>Aspectos positivos:</b> Excelente estética y acabados Tamaño y resistencia adecuadas.	<b>Aspectos positivos:</b> Buena estética y acabados Tamaño adecuado. Económica	<b>Aspectos positivos:</b> Tamaño adecuado. Económica Liviana
<b>Aspectos negativos:</b> Costo muy elevado	<b>Aspectos negativos:</b> Resistencia y durabilidad cuestionable	<b>Aspectos negativos:</b> Resistencia y durabilidad cuestionable Estética regular
<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/3ase3qo">https://bit.ly/3ase3qo</a>	<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/2Y1Vzu8">https://bit.ly/2Y1Vzu8</a>	<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/2S3Kc15">https://bit.ly/2S3Kc15</a>

- Remo: existen varias formas de realizar este ejercicio. Una común es usando una barra a mediana altura, donde el cuerpo se ubica inclinado boca arriba (casi horizontal) y colgado por los brazos de la barra con agarres bien sea en prono, supino o neutro. Otra forma de realizar, y la más tradicional, es con barra y discos donde se inclina el tronco al frente y se lleva la barra desde lejos del cuerpo hacia el pecho. De igual manera existen variantes con polea baja, mancuernas, barra T, etc. Se presenta una revisión de las máquinas más simples y sencillas que trabajen este ejercicio.





Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

Tabla 4: Comparativa de máquinas de remo

Empresa: Fitness Scape	Empresa: Life Fitness
<b>Materiales:</b> Acero, espuma y cuero <b>Acabados:</b> Normales. <b>Colores:</b> Blanco y negro <b>Peso:</b> <b>Precio:</b> \$950	<b>Materiales:</b> Acero, espuma y cuero <b>Acabados:</b> Excelentes. <b>Colores:</b> Variados <b>Peso:</b> 280 lbf <b>Precio:</b> \$3100
	
<b>Descripción:</b> la máquina de remo barra T presenta un soporte para el pecho que permite a los usuarios concentrarse en el movimiento. Las manijas dobles brindan la opción de enfocarse en diferentes grupos musculares.	<b>Descripción:</b> la máquina de pesas libres guiadas se realizan movimientos divergentes y convergentes para desarrollar una fuerza muscular. Presenta múltiples empuñaduras para realizar ejercicios variados.
<b>Aspectos positivos:</b> Resistencia y tamaño adecuado. Económica	<b>Aspectos positivos:</b> Resistencia y tamaño adecuado. Excelente estética y acabados
<b>Aspectos negativos:</b> Estética regular	<b>Aspectos negativos:</b> Elevado costo
<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/2xUdUie">https://bit.ly/2xUdUie</a>	<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/3519PFb">https://bit.ly/3519PFb</a>

Tabla 5: Comparativa de máquinas de remo con poleas




Empresa: Life Fitness	Empresa: Matrix
<b>Materiales:</b> Acero, espuma y cuero <b>Acabados:</b> Excelentes. <b>Colores:</b> Variados <b>Peso:</b> 765 lbf <b>Precio:</b> \$5700	<b>Materiales:</b> Acero, espuma y cuero <b>Acabados:</b> Normal <b>Colores:</b> plateado y negro <b>Peso:</b> 305 lbf <b>Precio:</b> \$3250
	
<b>Descripción:</b> esta máquina de remo posee unas columnas con pesos que facilitan la ejecución de ejercicios con movimientos independientes, divergentes y convergentes.	<b>Descripción:</b> la máquina de remo de polea baja dual permite la graduación del peso a través de las placas y el movimiento independiente de cada mano
<b>Aspectos positivos:</b> Resistencia y tamaño adecuado. Excelente estética y acabados	<b>Aspectos positivos:</b> Resistencia y tamaño adecuado. Estética y acabados normales
<b>Aspectos negativos:</b> Elevado costo	<b>Aspectos negativos:</b> Elevado costo. Estética regular
<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/2VAoG6r">https://bit.ly/2VAoG6r</a>	<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/2KvrmwJ">https://bit.ly/2KvrmwJ</a>

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

### 2.2.3 Piernas

- Sentadillas: es un ejercicio que se inicia en posición de pie para luego flexionar las rodillas y cadera, bajando el cuerpo hacia el suelo sin perder verticalidad y garantizando un ángulo de 90° entre el muslo y la pantorrilla. Finalmente, se retorna a la posición de pie. Se puede hacer con o sin pesas, sujetándolas en las manos o colocando una barra con pesas detrás del cuello. Es un ejercicio que puede generar lesiones sino se realiza de la forma adecuada, por este motivo se presenta una revisión de máquinas que garantizan la posición al realizar el movimiento.

Tabla 6: Comparativa de máquinas de sentadillas con peso libre

Empresa: Life Fitness	Empresa: Matrix	Empresa: Titanium
<b>Materiales:</b> Acero, espuma y cuero <b>Acabados:</b> Excelentes <b>Colores:</b> Variados <b>Peso:</b> 530 lbf <b>Precio:</b> \$4500	<b>Materiales:</b> Acero, espuma y cuero <b>Acabados:</b> Normales <b>Colores:</b> Variados <b>Peso:</b> 325 lbf <b>Precio:</b> \$2870	<b>Materiales:</b> Acero, espuma y cuero <b>Acabados:</b> Buenos <b>Colores:</b> Variados <b>Peso:</b> <b>Precio:</b> \$3872
		
<b>Descripción:</b> esta máquina con pesas libres guiadas está diseñada para poder realizar un movimiento de sentadilla natural reduciendo la presión sobre la espalda y las rodillas gracias al movimiento curvado en arco	<b>Descripción:</b> esta máquina permite un rendimiento dinámico, una ergonomía superior y la durabilidad que necesita para adaptarse a un flujo constante de usuarios	<b>Descripción:</b> diseñada con una estructura de metal con un recubrimiento de polvo electrostático. Los cojines cuentan con espuma gruesa y tapicería para maximizar la comodidad
<b>Aspectos positivos:</b> Resistencia y tamaño adecuado. Excelente estética	<b>Aspectos positivos:</b> Resistencia y tamaño adecuado. Estética normal	<b>Aspectos positivos:</b> Resistencia y tamaño adecuado. Estética buena
<b>Aspectos negativos:</b> Costo elevado	<b>Aspectos negativos:</b> Costo elevado	<b>Aspectos negativos:</b> Costo elevado
<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/2Vy3TiH">https://bit.ly/2Vy3TiH</a>	<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/2XZAbpz">https://bit.ly/2XZAbpz</a>	<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/3aBXd8y">https://bit.ly/3aBXd8y</a>

De los ejercicios destacables para piernas aparte de las sentadillas, el peso muerto es el siguiente debido a que complementa el trabajo de las sentadillas, pero por su propia característica es difícil implementarlo en el presente proyecto, por lo que la búsqueda se orienta al siguiente ejercicio más común para las piernas:

- Prensa: es un ejercicio que se realiza en un equipo que normalmente la carga está inclinada 45°, aunque existen versiones verticales y horizontales. Posee un asiento a nivel de piso donde el usuario se ubica garantizando la espalda recta y las piernas en

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

una inclinación similar a la de la máquina. El ejercicio consiste en apoyar la carga sobre la planta de los pies y retraer las piernas flexionando las rodillas y acercándolas al pecho, para luego retornar el movimiento estirando las mismas. A continuación, se muestran variantes de prensas de diferentes casas comerciales.

Tabla 7: Comparativa de máquinas de prensa tradicionales.

Empresa: Life Fitness	Empresa: Titanium	Empresa: Multiform
<b>Materiales:</b> Acero, espuma y cuero <b>Acabados:</b> Excelentes <b>Colores:</b> Variados <b>Peso:</b> 709 lbf <b>Precio:</b> \$6300	<b>Materiales:</b> Acero, espuma y cuero <b>Acabados:</b> Buenos <b>Colores:</b> Variados <b>Peso:</b> 346 lbf <b>Precio:</b> \$2530	<b>Materiales:</b> acero, espuma y cuero <b>Acabados:</b> Bueno <b>Colores:</b> Blanco, gris y negro <b>Peso:</b> 375 lbf <b>Precio:</b> No reportado
		
<b>Descripción:</b> esta máquina posee tres posiciones de ajuste para el respaldar acolchado. También ofrece un agarre encima de la plataforma de los pies, facilita la entrada y salida de la máquina	<b>Descripción:</b> diseñada teniendo en cuenta la facilidad de uso y la máxima funcionalidad. El diseño, la configuración y los movimientos son intuitivos y fáciles de entender.	<b>Descripción:</b> la máquina está diseñada para entrenamiento físico excéntrico, concéntrico e isométrico con carga pesada. Desarrollada con la colaboración de centros universitarios, asistentes físicos y fisioterapeutas.
<b>Aspectos positivos:</b> Resistencia y tamaño adecuado. Excelente estética	<b>Aspectos positivos:</b> Resistencia y tamaño adecuado. Estética buena. Adaptable para sentadillas y prensa.	<b>Aspectos positivos:</b> Resistencia y tamaño adecuado. Estética normal Adaptable para sentadillas y prensa
<b>Aspectos negativos:</b> Costo elevado	<b>Aspectos negativos:</b> Costo elevado	<b>Aspectos negativos:</b> Se desconoce el precio Uso de placas y guaya
<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/2y0ngsC">https://bit.ly/2y0ngsC</a>	<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/3bBsObT">https://bit.ly/3bBsObT</a>	<b>Fuente:</b> <a href="https://bit.ly/3cPw1ED">https://bit.ly/3cPw1ED</a>

## 2.3 Equipos para el acondicionamiento físico al aire libre

A nivel nacional existen gran disponibilidad empresas que desarrollan equipos o grupo de máquinas para entrenamiento al aire libre. Como se verá más adelante, muchos están diseñados para manejar bajas cargas, enfocados en personas sedentarias o con pocas condiciones físicas. Sin embargo, muchas compañías se han preocupado por desarrollar líneas de máquinas más exigente y destinadas a un usuario más activo y en forma.

Varias compañías a nivel nacional (que se verán a continuación) e internacional (Grandslam Fitness, s.f.) (Mant Leisure LTD, s.f.) ofrecen la gama de productos que se muestran a continuación (Ver Figura 2, Figura 3, y Figura 4), los cuales se caracterizan por ofrecer muy poca o casi nula resistencia al momento de utilizarlos. Para facilitar la presentación de los

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

mismos, se categorizan de acuerdo a los grupos musculares más importantes como: pecho, espalda y piernas.



Figura 2: Equipos al aire libre para pecho. Fuente: <https://bit.ly/3ePlz25>



Figura 3: Equipos al aire libre para espalda. Fuente: <https://bit.ly/3ePlz25>

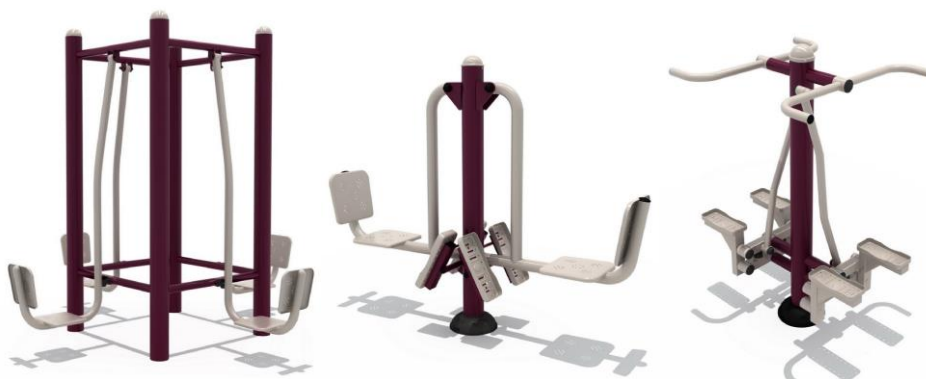


Figura 4: Equipos al aire libre para piernas. Fuente: <https://bit.ly/3ePlz25>

La empresa EcoGym ofrece varias alternativas para equipar los parques nacionales, en los que se incluyen los equipos mostrados previamente, que la presentan como la línea Ecogimnasios, pero también presentan otras alternativas como parques infantiles, equipos para gimnasios *indoor*, Gimnasios incluyentes, etc. Las más relevantes para efectos de este

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

proyecto son las líneas Calistenia (Ver Figura 5) y Circuito Militar (Ver Figura 6), siendo esta última la más interesante y que se aproxima al objetivo de este proyecto.



Figura 5: Línea Calistenia de EcoGym. Fuente: <https://bit.ly/357Lo8P>



Figura 6: Línea Circuito Militar de EcoGym. Fuente: <https://bit.ly/3aLPViN>

La línea de circuito militar busca copiar máquinas típicas de gimnasio tradicional utilizando discos que se mueven manualmente para incrementar la carga aplicada en el ejercicio seleccionado.

Otra compañía con una línea de máquinas similares es Fitix, la cual lista de manera más detallada que la anterior los diferentes equipos que manejan y los grupos musculares que se trabajan. En la Figura 7 se muestran los equipos para ejercicios de pecho y en la Figura 8, algunos de los equipos para ejercitar las piernas.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo



Figura 7: Máquinas para pecho al aire libre Fitix. Fuente: <https://bit.ly/2yNlb28>



Figura 8: Máquinas para piernas al aire libre Fitix. Fuente: <https://bit.ly/2yNlb28>

La empresa Royca Gym ofrece multifuerzas donde pueden trabajar simultáneamente hasta 12 personas y afirman que se pueden realizar hasta 60 ejercicios. La Figura 9 muestra uno de sus equipos instalado en un parque, los cuales funcionan con guayas y/o cadenas para mover las placas que generan la resistencia o carga de la máquina hacia el usuario.



Figura 9: Multifuerzas para el aire libre Royca Gym. Fuente: <https://bit.ly/2KxFB38>

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

Por su parte, la compañía Bantracol, posee una línea de máquinas para ejercicios donde se destacan equipos que funcionan a través de sistemas de palancas o utilizando guayas para incrementar la carga y resistencia.



Figura 10: Máquinas de ejercicios al aire libre Bantracol. Fuente: <https://bit.ly/2KDHACS>

La empresa Forma, con 35 años de trayectoria en el diseño y venta de equipos de gimnasio, posee también una línea de máquinas para su uso al aire libre. Estas máquinas funcionan de manera diferente a las anteriores, puesto que usan un contrapeso que se desliza a lo largo de una barra de sección circular permitiendo fijar y adaptar la carga de acuerdo al usuario. A continuación, se muestra algunos de sus equipos clasificados por los grupos musculares más importantes:



Figura 11: Equipos Forma de polea alta y remo. Fuente: <https://bit.ly/3eRpVWg>



Figura 12: Equipos Forma para piernas. Fuente: <https://bit.ly/3eRpVWg>

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo



Figura 13: Equipos Forma para pecho y hombros. Fuente: <https://bit.ly/3eRpVWg>

Al comparar los diferentes equipos diseñados para poder graduar la carga que manejan, en el mercado existen 3 maneras de lograrlo. Dos de ellas son las tradicionales usadas en las máquinas de gimnasio como son los discos y las guayas, solo que en este caso adaptadas para la intemperie y para que los equipos no sean víctimas del vandalismo. En el caso de los discos, el principio es mantener los discos en una especie círculo cerrado y se van desplazando desde un punto pivote hasta el punto de carga (Ver Figura 7 y Figura 8). En el caso de las placas los diseños buscan mantenerlas protegidas tanto de la lluvia (Ver Figura 10) como de la posibilidad de que el agua de la lluvia las deteriore. La tercera manera es usando un contrapeso que se va adaptando de acuerdo a los requerimientos del usuario.

Existe una cuarta manera de poder regular el sistema de carga de una máquina que no se ha explorado comercialmente en este tipo de máquinas. Este concepto se ha usado para mancuernas de uso doméstico y existen varios modelos, entre los que se destacan: Las Bowflex y las Power Block, los dos sistemas son similares, pero presenta ciertas diferencias que incluso existen páginas web especializadas donde hacen comparaciones entre los dos sistemas.



Figura 14: Mancuernas ajustables Bowflex y Power block. Fuente: <https://bit.ly/2YbuBAz>



Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

Los dos sistemas están patentados en USA a través de los números US7794373B2 y US5779604A, donde se describe con cierta rigurosidad el mecanismo de cada uno de dichos modelos.

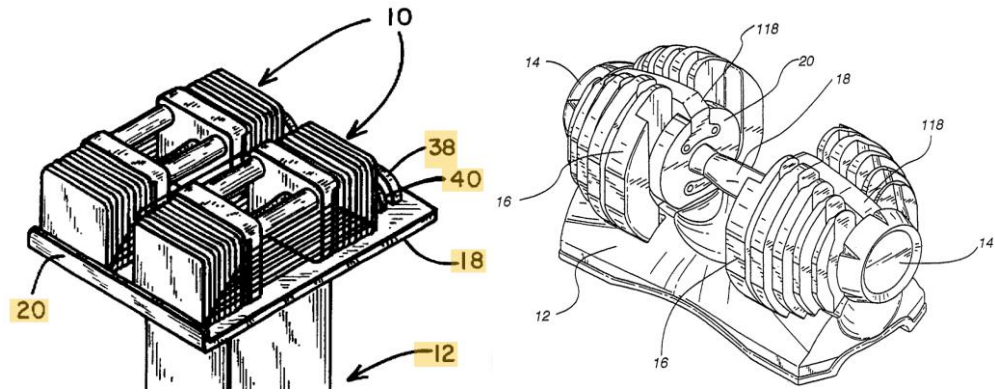


Figura 15: Patentes de mancuernas. Fuente: <https://bit.ly/2yL2b5E> y <https://bit.ly/2xejueV>

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

## 2.4 Conclusiones de la revisión

Una vez finalizada la revisión del estado del arte, se procede a hacer una evaluación de los puntos más importantes a destacar que se enumeran a continuación:

- Lograr hipertrofia muscular no solo depende de las cargas a utilizar, sino que es una combinación de factores como: carga, series, repeticiones y tipo de ejercicios.
- Los ejercicios que contribuyen más fácilmente a la hipertrofia muscular son aquellos que trabajan varios grupos musculares al tiempo y los multiarticulares.
- Se establecieron aquellos ejercicios más importantes en donde con pequeñas variaciones se logran diferentes resultados.
- Los equipos más comunes para los ejercicios al aire libre presentan muy baja resistencia sin ningún tipo de ajuste. La mayoría de compañías las mantienen en su catálogo, por lo que se presume que es el más buscado por el usuario promedio.
- Algunas empresas han desarrollado equipos para el aire libre más especializados hacia la hipertrofia muscular. Pero la mayoría de estas máquinas consisten en copias o adaptaciones simplificadas de baja calidad estética que replican los equipos utilizados en los gimnasios tradicionales.
- Todos estos equipos garantizan la graduación de la carga y resistencia, utilizando para ello tres maneras: discos removibles, placas y contrapesos. Se desconoce qué cantidad de carga y resistencia se puede alcanzar con dichos equipos.
- De los equipos comerciales *indoors*, se destaca que aquellos que presentan una estética cuidada también tiene costos muy elevados. Para los equipos al aire libre solo una empresa (Ver Figura 11, Figura 12 y Figura 13) toma en cuenta la estética en sus equipos, pero se desconocen los costos y precios.

## 2.5 Grado de innovación

El presente proyecto pretende el desarrollo de equipos para el entrenamiento de fuerza con las siguientes características innovadoras:

- Dar importancia a los grupos musculares principales permitiendo un pequeño grado de innovación sobre los equipos tradicionales de los gimnasios *indoors*.
- Tener en cuenta la estética o forma del equipo sin quitarle preponderancia a la función.
- Mantener los costos de producción de los equipos, en la medida de lo posible, lo más bajo posibles.
- Utilizar sistemas alternativos a los existentes en la actualidad para regular y graduar la carga y resistencia.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

## Capítulo 3: Objetivos

### 3.1 Objetivo general

Diseñar y mejorar los equipos de ejercicios al aire libre, promoviendo un entrenamiento integral de fuerza enfocado a la hipertrofia muscular.

### 3.2 Objetivos específicos

- Diseñar un mínimo de máquinas posible que permitan el entrenamiento de un máximo número de grupos musculares.
- Obtener un diseño que permita manejo de cargas importantes para la realización de diferentes ejercicios.
- Diseñar equipos adaptados y optimizados para espacios exteriores.
- Utilizar sistemas alternativos para regular y graduar la carga y resistencia.
- Mantener los costos de fabricación y producción lo más bajo posible.

### 3.3 Metodología del trabajo

Para lograr un alcance satisfactorio en el proceso del planteamiento, diseño y desarrollo del proyecto se establece la siguiente metodología.

#### 3.3.1 Diseño Conceptual:

Consiste en la primera parte del proyecto y es donde se exploran las siguientes fases o etapas:

- Planificación del proyecto: en esta fase se desarrolla un plan de trabajo donde se definen los tiempos esperados en el desarrollo de cada una de las etapas del proyecto, así como la interacción entre dichas etapas. De esta manera se puede identificar los caminos álgidos que pueden ocasionar retrasos en el desenvolvimiento del mismo.
- Identificación de la necesidad: a partir de visitas realizadas en parques donde se observa la interacción y comportamiento de las diferentes personas con las máquinas existentes.
- Definición de grupo objetivo: se realiza una identificación del posible consumidor y a través de una revisión de las fuentes de información o realizando una serie de encuestas para darle validez a ese grupo objetivo propuesto.
- Especificaciones de diseño: con la información recolectada en etapas previas se definen una serie de especificaciones que serán el insumo base para la propuesta de proyecto a realizar.
- Estado del arte: esta fase puede realizarse desde el inicio del trabajo, puesto que consiste en recolectar la mayor cantidad de información referente al problema planteado y que se desea resolver.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

- Concepción del sistema: consiste en la etapa del pensamiento divergente, donde se plasmará en bocetos de forma y función las alternativas de diseño y solución al problema. También, se incluye la selección de la propuesta más adecuada justificando las razones por las cuales se considera la más apropiada.

### 3.3.2 Diseño de detalle:

Esta segunda parte está conformada por varias etapas entre las que se destacan:

- El modelado en CAD de cada componente, así como los respectivos ensamblajes donde se verifica interferencias y posibles problemas de ensamblaje.
- Dibujo de bocetos técnicos y planos técnicos, que serán utilizados en su posterior fabricación.
- Descripción de los procesos de fabricación involucrados en cada componente tanto para la manufactura del prototipo como para la producción en serie.

### 3.3.3 Evaluación y verificación:

Se comprueban los resultados obtenidos en la fase anterior a través de simulaciones en CAD. También se realiza una revisión general de los diferentes dispositivos de seguridad (en el caso de que se necesite) establecidos en el diseño final. En esta parte también se realiza un estudio de factibilidad económica en base a la solución final con estimados y propuestos.

Finalmente, se presenta la elaboración de la memoria final del proyecto, donde se plasmará todo lo investigado y recolectado durante el desarrollo del presente trabajo.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

## Capítulo 4:

### 4.1 Planificación del Proyecto

Antes de iniciar con el desarrollo del proyecto, se hace una planificación de todo el proceso de diseño y producción del equipo, por lo que se proponen las actividades comenzando por su concepción, pasando por el diseño de detalle, fabricación y ensamblaje del prototipo, pruebas y finalmente la planificación para la producción en serie. Para la definición de los tiempos, se ha basado en la experiencia personal puesto que la mayoría de los procesos de fabricación a utilizar en estos equipos son conocidos por el autor.

#### 4.1.1 Método PERT

En la Tabla 8, se listan las actividades incluyendo los tiempos optimistas ( $t_1$ ), más probables ( $t_p$ ) y los pesimistas ( $t_2$ ), también se hace una revisión de las actividades que preceden a otras y se establece la duración estimada para cada una de ellas.

Tabla 8: Aplicación del Método PERT

Fases	Actividades	Precede	Semanas			
			$t_1$	$t_p$	$t_2$	Duración estimada
Diseño conceptual	A Planteamiento del problema	N.P.	0,2	0,3	0,4	0,30
	B Definición del grupo objetivo	A	0,2	0,3	0,4	0,30
	C Elaboración y realización de encuestas	A	1	1,6	2	1,57
	D Requerimientos del cliente	B,C	0,2	0,6	1	0,60
	E Establecimiento de las especificaciones de diseño	D	0,2	0,3	0,4	0,30
	F Revisión del estado del arte	A	0,6	1	1,4	1,00
	G Propuestas de solución: Bocetos. Selección de la propuesta final	E,F	1	2	3	2,00
Diseño de detalle	H Modelado en CAD y análisis de interferencia	G	4	6	8	6,00
	I Análisis de esfuerzos y optimización de materiales	H	3	4	5	4,00
	J Elaboración de planos	H,I	3	5	6	4,83
	K Lista de componentes y de materiales	J	0,6	0,8	1	0,80
	L Lista y cotización de posibles proveedores	K	1	1,6	2	1,57
Fabricación de prototipo	M Planeación para la fabricación del prototipo	J,K,L	0,4	0,8	1	0,77
	N Compra y transporte de materiales base a sitio de fabricación	M	1	1,4	1,6	1,37
	O Corte de acero estructural (Mecanizado y soldadura)	N	3	5	6	4,83
	P Mecanizado de piezas y accesorios	N	4	5	6	5,00
	Q Transporte de componentes a planta	O,P	0,4	0,6	0,8	0,60
	R Ensamblaje de piezas	Q	0,6	0,8	1,2	0,83
Pruebas y puesta a punto	S Realización de pruebas estáticas y fatiga	R	2	3	4	3,00
	T Rediseño, modelado CAD, análisis pertinentes y planos	S	2	4	6	4,00
	U Fabricación de prototipo mejorado y optimizado	T	4	5	6	5,00
	V Transporte a planta de todos los componentes y pruebas finales	U	0,4	0,6	0,8	0,60
	W Revisión final de planos y procesos de fabricación	U,V	0,4	0,5	0,6	0,50
	X Elaboración de manuales	T	1	1,2	1,4	1,20
Fabricación en serie	Y Planeación para la fabricación en serie	W	0,4	0,8	1	0,77
	Z Compra y transporte de materiales base a sitio de fabricación	Y	1	1,4	1,6	1,37
	AA Diseño del embalaje	W	0,4	0,8	1	0,77
	AB Compra de material de embalaje y transporte	AA	0,6	0,8	1	0,80
	AC Corte de acero estructural (Mecanizado y soldadura)	Z	1	1,4	1,6	1,37
	AD Mecanizado de piezas y accesorios	Z	1,2	1,6	1,8	1,57
	AE Transporte de componentes a planta	AC,AD	0,4	0,6	0,8	0,60
	AF Impresión de manuales y envío a planta	X	1	1,2	1,4	1,20
	AG Ensamblaje de la máquina	AE	0,2	0,3	0,4	0,30
	AH Embalaje de la máquina	AB,AF,AG	0,1	0,2	0,2	0,15

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

#### 4.1.2 Diagrama de red del método PERT / CPM

Una vez establecidas las actividades, se desarrolla el diagrama de red del proyecto utilizando los tiempos estimados para ello y las relaciones entre cada una de las actividades. Luego se establecen los tiempos tempranos ( $T_1$ ), tiempos tardíos ( $T_2$ ) y la holgura ( $H$ ) para cada actividad.

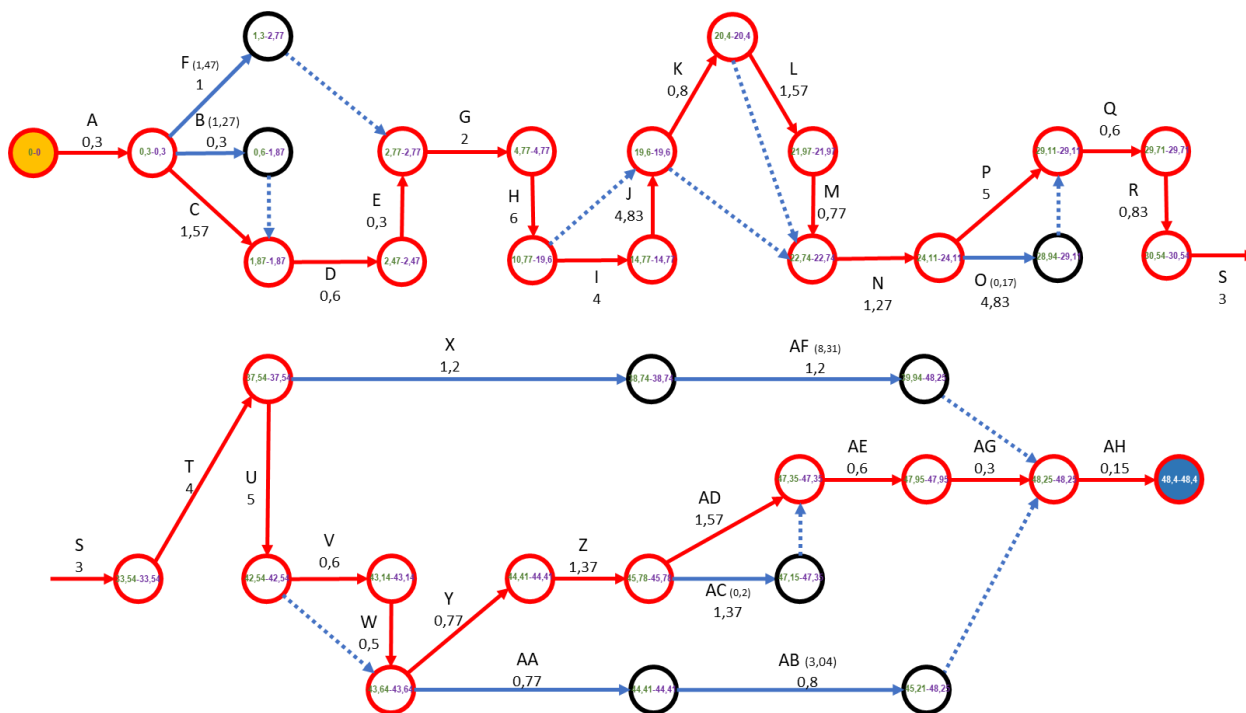


Figura 16: Diagrama de red PERT

A partir de este diagrama con sus respectivos cálculos, se puede identificar la ruta crítica que determina el tiempo del proceso de elaboración del producto, el cual está estimado en 48,4 semanas. Dicha ruta se resalta en color rojo identificando cuáles son las actividades indispensables que deben realizarse para poder terminar el proyecto en el tiempo indicado. Destacan las fases de diseño conceptual y de detalle, así como la fabricación y pruebas al prototipo.

Debido a que el tamaño del diagrama de red con las diferentes actividades es relativamente grande y no se logran distinguir los tiempos tempranos, tardíos y holguras por cada actividad, en la Tabla 9 se incluye toda la información numérica relevante por actividad. También se resaltan en rojo las actividades críticas y en azul aquellas actividades que permiten una holgura al momento de su realización.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

Tabla 9: Aplicación del Método CPM

Actividades	Precede	Semanas			
		Duración estimada	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	H
A Planteamiento del problema	N.P.	0,30	0,30	0,3	0,00
B Definición del grupo objetivo	A	0,30	0,60	1,87	1,27
C Elaboración y realización de encuestas	A	1,57	1,87	1,87	0,00
D Requerimientos del cliente	B,C	0,60	2,47	2,47	0,00
E Establecimiento de las especificaciones de diseño	D	0,30	2,77	2,77	0,00
F Revisión del estado del arte	A	1,00	1,30	2,77	1,47
G Propuestas de solución: Bocetos. Selección de la propuesta final	E,F	2,00	4,77	4,77	0,00
H Modelado en CAD y análisis de interferencia	G	6,00	10,77	10,77	0,00
I Análisis de esfuerzos y optimización de materiales	H	4,00	14,77	14,77	0,00
J Elaboración de planos	H,I	4,83	19,60	19,60	0,00
K Lista de componentes y de materiales	J	0,80	20,40	20,40	0,00
L Lista y cotización de posibles proveedores	K	1,57	21,97	21,97	0,00
M Planeación para la fabricación del prototipo	J,K,L	0,77	22,73	22,73	0,00
N Compra y transporte de materiales base a sitio de fabricación	M	1,37	24,10	24,10	0,00
O Corte de acero estructural (Mecanizado y soldadura)	N	4,83	28,93	29,10	0,17
P Mecanizado de piezas y accesorios	N	5,00	29,10	29,10	0,00
Q Transporte de componentes a planta	O,P	0,60	29,70	29,70	0,00
R Ensamblaje de piezas	Q	0,83	30,53	30,53	0,00
S Realización de pruebas estáticas y fatiga	R	3,00	33,53	33,53	0,00
T Rediseño, modelado CAD, análisis pertinentes y planos	S	4,00	37,53	37,53	0,00
U Fabricación de prototipo mejorado y optimizado	T	5,00	42,53	42,53	0,00
V Transporte a planta de todos los componentes y pruebas finales	U	0,60	43,13	43,13	0,00
W Revisión final de planos y procesos de fabricación	U,V	0,50	43,63	43,63	0,00
X Elaboración de manuales	T	1,20	38,73	38,73	0,00
Y Planeación para la fabricación en serie	W	0,77	44,40	44,40	0,00
Z Compra y transporte de materiales base a sitio de fabricación	Y	1,37	45,77	45,77	0,00
AA Diseño del embalaje	W	0,77	44,40	44,40	0,00
AB Compra de material de embalaje y transporte	AA	0,80	45,20	48,23	3,03
AC Corte de acero estructural (Mecanizado y soldadura)	Z	1,37	47,13	47,33	0,20
AD Mecanizado de piezas y accesorios	Z	1,57	47,33	47,33	0,00
AE Transporte de componentes a planta	AC,AD	0,60	47,93	47,93	0,00
AF Impresión de manuales y envío a planta	X	1,20	39,93	48,23	8,30
AG Ensamblaje de la máquina	AE	0,30	48,23	48,23	0,00
AH Embalaje de la máquina	AB,AF,AG	0,15	48,38	48,38	0,00

#### 4.1.3 Diagrama de Gantt

Una vez establecidos los métodos PERT/CPM se procede a la construcción del diagrama de Gantt, que se muestra en la Figura 17. Las actividades se identifican por las letras correspondientes asociadas y de la misma manera que en el diagrama PERT/CPM, se resaltan a lo largo del proyecto las actividades involucradas en la ruta crítica en rojo y las que presentan holgura en color azul.

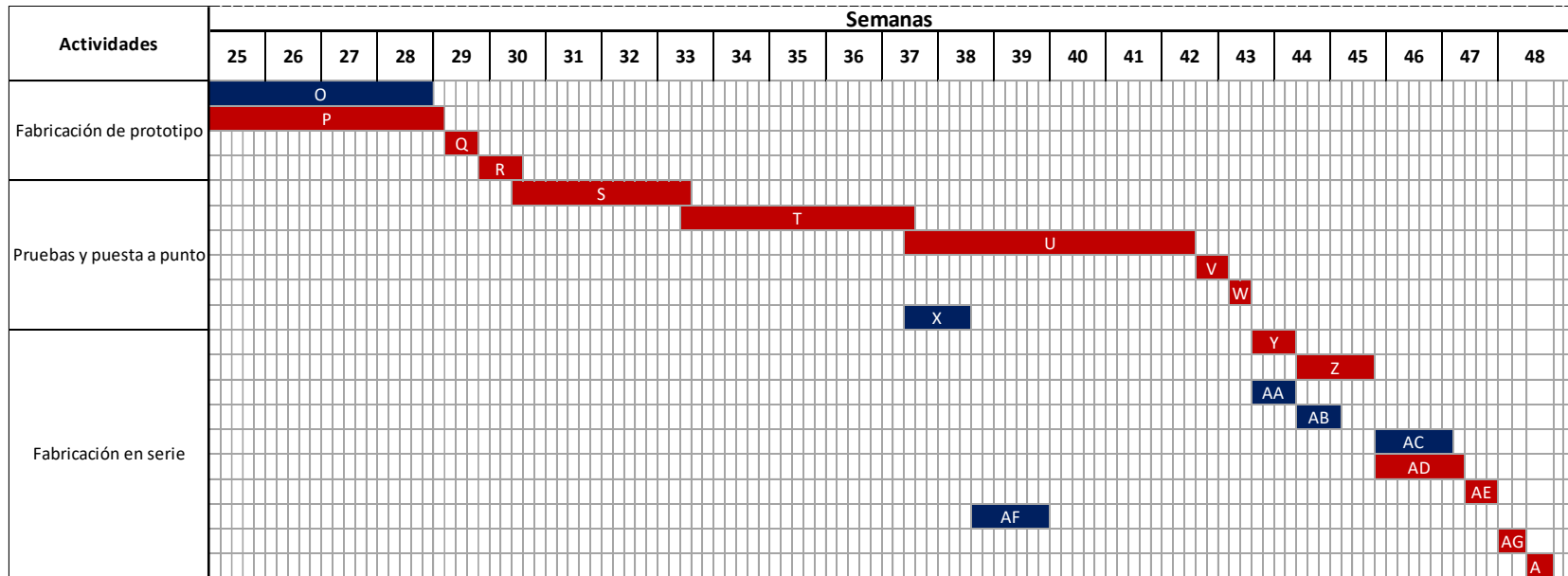
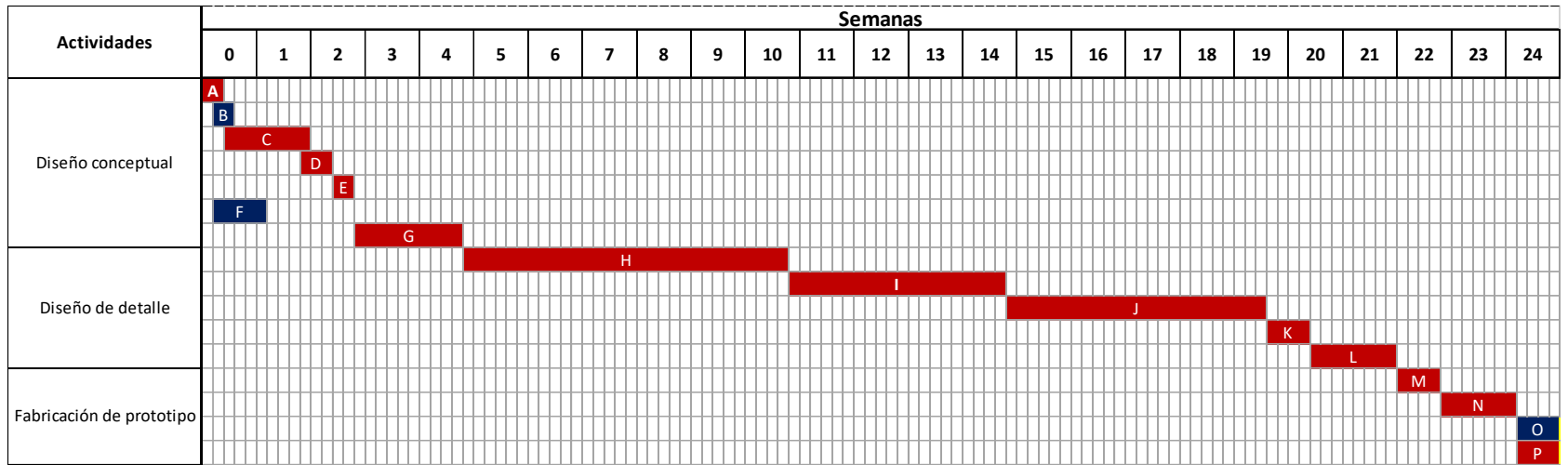


Figura 17: Diagrama de Gantt del proyecto



## **4.2 Identificación de requisitos**

### **4.2.1 Identificación de la necesidad**

Debido a una tendencia actual en la sociedad de acoger un modo de vida saludable y en forma (Lozano, 2015) (Portafolio, 2019), el presente proyecto pretende facilitar el acceso a cualquier ciudadano a maquinas similares y con las mismas condiciones de carga a las que se consiguen en un gimnasio tradicional, pero ubicadas al aire libre en espacios públicos y gratuitos. El gobierno nacional apuesta a ofrecer este servicio para todos los interesados (Cortés, 2013), promoviendo la accesibilidad del ciudadano común (Medellín, 2015).

### **4.2.2 Público objetivo**

#### ***Descripción y denominación***

Para la identificación del posible consumidor, se realiza una investigación del perfil respondiendo preguntas clave que se enumeran a continuación:

- Ubicación: Colombia, especialmente las principales ciudades del país, pero no se descarta llegar a todas partes.
- Edad: desde los 14 años en adelante.
- Género: cualquiera.
- Nivel socioeconómico: todos los niveles.
- Nivel de ingresos mensuales por persona: cualquier nivel de ingreso (Galindo & Lozano, Lo que debe ganar para estar en la clase alta del país, 2019).
- Grado de instrucción: cursando secundaria en adelante.
- Estrato social: 1 al 6 (todos los estratos sociales del país).
- Estilo de vida: interesados en mantenerse en forma, que vaya regularmente al gimnasio o se ejercite en casa o en parques al aire libre.

Por lo tanto, la segmentación del mercado para este producto está orientado en hombres y mujeres, en edades comprendidas desde los 14 años en adelante, de cualquier estrato social y con o sin ingresos mensuales, que tenga cerca de su vivienda un parque donde se puedan instalar los equipos y esté interesado en una vida sana y saludable manteniendo rutinas semanales de ejercicios. Una vez definido el segmento, se puede establecer que el público objetivo presenta las siguientes características:

- Cualquier capacidad de poder adquisitivo.
- Tengan accesibilidad a parques en su zona residencial.
- Gusto por el fitness, el ejercicio y una vida sana y saludable.
- Hombres y mujeres mayores de 14 años
- Personas solteras o casadas y con hijos.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

### Fuentes de información (primaria)

Para darle mayor validez a esta propuesta, se hace una revisión y evaluación de las fuentes de información disponibles. Se plantea el uso de encuestas utilizando una plataforma online dirigida directamente a potenciales clientes conocidos por el autor. El modelo de encuesta está conformado por 9 preguntas generales, todas de selección múltiple que buscan corroborar el grupo objetivo planteado previamente. En la Tabla 10 se enmarcan las preguntas que fueron formuladas.

Tabla 10: Modelo de encuesta realizado. Fuente: propia

Item	Preguntas	Opciones de selección
1	Sexo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Femenino</li> <li>Masculino</li> </ul>
2	¿Cuál es tu motivación al realizar ejercicios periódicamente? (varias opciones)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Salud y estar en forma</li> <li>Adelgazar</li> <li>Mantener la masa muscular</li> <li>Aumentar la masa muscular</li> <li>Liberar estrés y salud mental</li> </ul>
3	¿Con que regularidad haces uso de las instalaciones de un gimnasio?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nunca</li> <li>Dos veces por semana o menos</li> <li>Tres veces por semana</li> <li>Cuatro veces por semana</li> <li>Cinco veces por semana o más</li> </ul>
4	Asistir a un gimnasio regularmente se debe principalmente a: (varias opciones)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variedad de máquinas</li> <li>Variedad de pesos y carga</li> <li>Rutinas dadas por entrenadores personalizados</li> <li>Hacer vida social</li> </ul>
5	¿Has usado alguno de los bioparques disponibles en la ciudad?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si, dos o más veces a la semana</li> <li>Si, una vez a la semana</li> <li>No estoy interesado</li> <li>Tal vez</li> <li>No los conozco</li> </ul>
6	¿Qué razones te motivan a usarlos? (varias opciones)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variedad de máquinas</li> <li>Entrenamiento al aire libre</li> <li>Calistenia</li> <li>Variedad de pesos y carga</li> <li>No los uso</li> </ul>
7	¿Qué razones te motivan a NO usarlos? (varias opciones)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Máquinas simples</li> <li>No hay resistencia, ni peso, ni carga regulable</li> <li>No me interesa el entrenamiento al aire libre</li> <li>No tengo un parque cerca</li> </ul>
8	¿Entrenarías regularmente en un parque que contara con equipos para realizar diferentes ejercicios con pesos variados?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si, asistiría regularmente a la semana</li> <li>Si, al menos una vez a la semana</li> <li>Si, cuando el gimnasio esté cerrado</li> <li>No</li> <li>Tal vez</li> </ul>
9	¿Qué grupo muscular preferirías trabajar en un bioparque? (varias opciones)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espalda</li> <li>Pecho</li> <li>Brazos</li> <li>Piernas</li> <li>Abdomen</li> <li>Ninguno</li> </ul>

El grupo encuestado corresponde con el perfil establecido, hombres y mujeres mayores de 15 años, solteros o casados, estudiantes, profesionales con poder adquisitivo variado o

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

dependiente de otras personas. También corresponde a personas viviendo en la actualidad en diferentes países latinoamericanos, los cuales suelen ser asiduos asistentes a gimnasios. El número de encuestas realizadas fue de 65 que, aunque es un número muy bajo, es representativo del grupo objetivo y puede dar una idea de las características de comportamiento. Una vez recopilados los resultados se hace una revisión por pregunta realizada que se muestra a continuación:

- El porcentaje de personas encuestadas domina el sexo masculino con un 69,2% sobre el sexo opuesto (Figura 18).

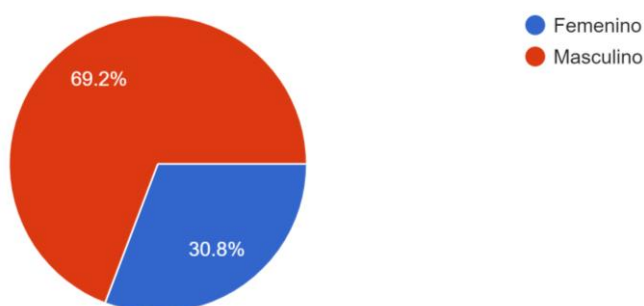


Figura 18: Resultados de la encuesta a la pregunta 1. Fuente: propia

- La siguiente es una pregunta de selección múltiple donde se muestra una variedad de preferencias al momento de la motivación para ejercitarse periódicamente (Figura 19). El 70,8% busca salud y estar en forma, seguido del 46,2% que busca el aumento de masa muscular y de liberar el estrés (41,5%).

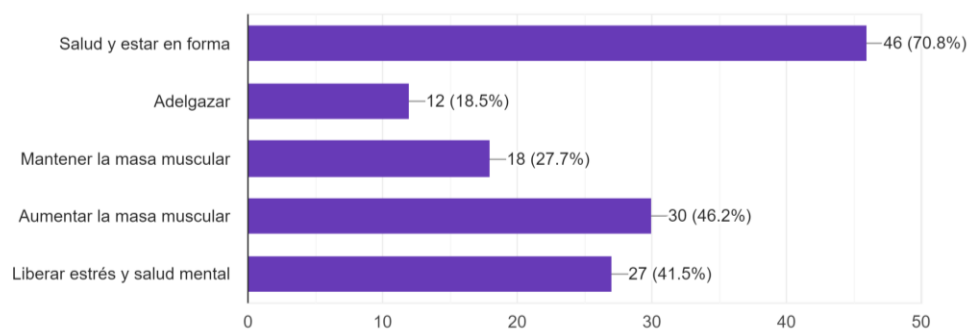


Figura 19: Resultados de la encuesta a la pregunta 2. Fuente: propia

- Los encuestados informan que el número más común de días de asistencia a un gimnasio es de 4 veces por semana (30,8%) seguido de 5 o más veces por semana con 26,1% (Figura 20).

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

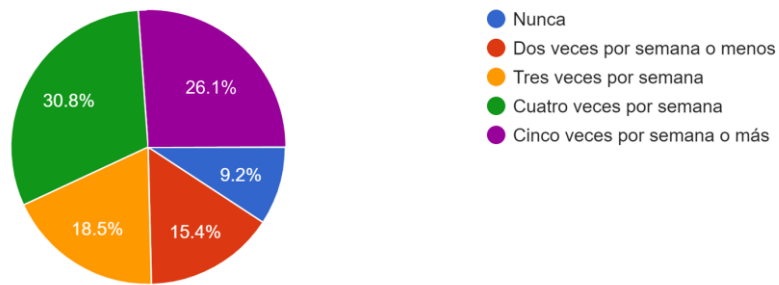


Figura 20: Resultados de la encuesta a la pregunta 3. Fuente: propia

- En la Figura 21, los participantes manifiestan que la variedad de máquinas es la razón fundamental para asistir a un gimnasio (66,2%) seguido de la variedad de pesos y cargas (58,5%).

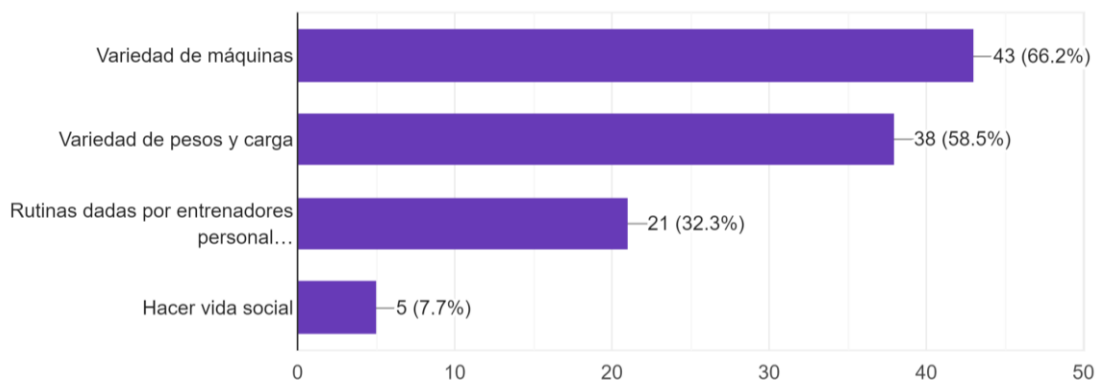


Figura 21: Resultados de la encuesta a la pregunta 4. Fuente: propia

- Respecto al uso de los bioparques (Figura 22), el 35,4% de los entrevistados manifiesta que si los ha usado al menos una vez por semana. Un 27,7% cree que tal vez los ha utilizado, mientras que un 23,1% no los conoce y un 13,8% no está interesado.

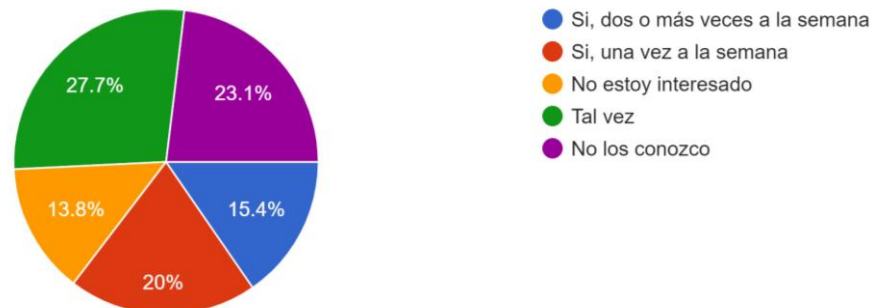


Figura 22: Resultados de la encuesta a la pregunta 5. Fuente: propia

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

- Los encuestados afirman que el motivo principal en usar los bioparques se debe a la oportunidad de entrenar al aire libre (52,3%) seguido de aquellos que hacen calistenia (20%). Mientras que un 38,5% no los usa (Figura 23).

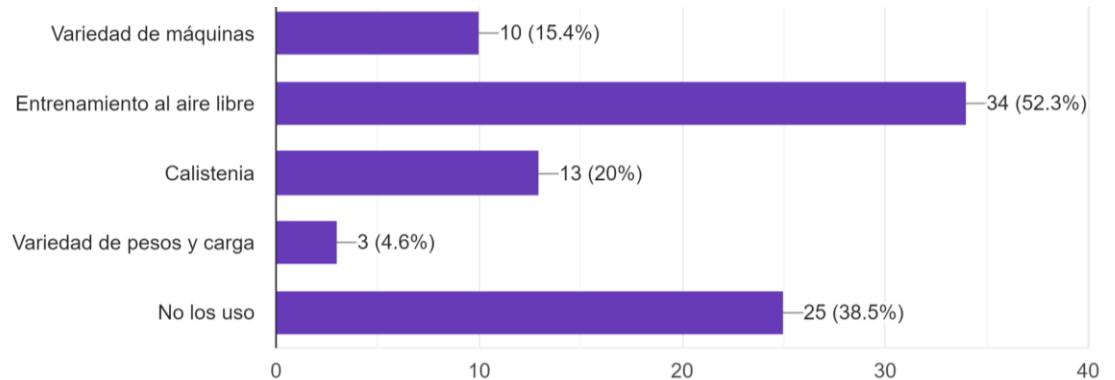


Figura 23: Resultados de la encuesta a la pregunta 6. Fuente: propia

- De acuerdo a la Figura 24, destaca que un 44,6% de los encuestados no poseen un parque cerca que los motive a usarlos. Un 41,5% de los entrevistados afirma que la falta de resistencia y peso en las máquinas los desmotiva a usarlos, así como la simplicidad de las máquinas (32,3%).

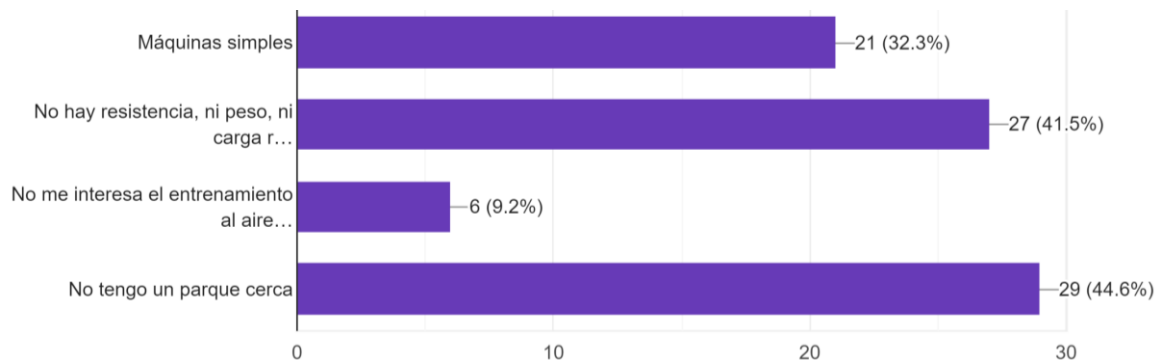


Figura 24: Respuestas de la encuesta a la pregunta 7. Fuente: propia

- El 49.2% de los entrevistados está dispuesto asistir regularmente a un bioparque que cuente con equipos para realizar diferentes ejercicios con diferentes cargas. Así como el 20% asistiría al menos una vez a la semana (Figura 25).



Figura 25: Respuestas de la encuesta a la pregunta 8. Fuente: propia

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

- En la Figura 26, se presenta que los grupos musculares preferidos para trabajar en un bioparque son los brazos y las piernas con porcentajes del 74.6% y 73% respectivamente. Seguido de la espalda, pecho y abdomen con 61.9% y 57.1%.

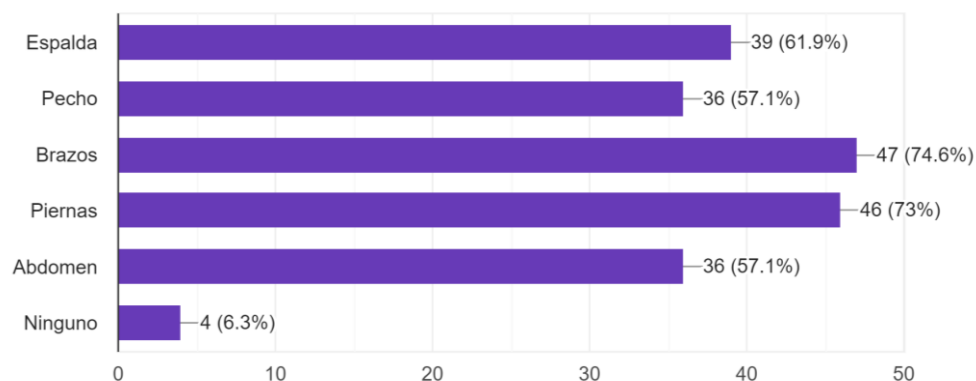


Figura 26: Respuestas de la encuesta a la pregunta 9. Fuente: propia

#### **Fuentes de información (secundaria)**

Para este tipo de fuente se opta por hacer una revisión de las opiniones y artículos referentes al tema manifestado en páginas web, del cual se extrae la información necesaria para complementar lo elaborado con la encuesta previa.

En Colombia, a pesar de tener una elevada tasa de sobre peso (51.2%) (Medellín, 2015), se presenta una marcada tendencia actual hacia los buenos hábitos de alimentación sana y ejercitarse periódicamente. Esto ha conllevado al incremento en la inversión de gimnasios privados (Lozano, 2015) (Portafolio, 2019) y donde el gobierno apuesta por la accesibilidad al ofrecer alternativas gratuitas (Cortés, 2013) (Instituto Distrital de Recreación y Deporte, 2017).

De acuerdo a la revisión realizada, no se encontró un registro de los usuarios promedios de un bioparque, así como su preferencia de entrenamientos, grupos musculares, etc. Pero se estima que la variedad de usuarios tanto en sexo como en edades y estrato social es considerable. De acuerdo con el Instituto de Deportes y Recreación de Medellín (INDER), se considera que en promedio se puede llegar a unos 250.000 usuarios mensuales en la ciudad (Buitrago Gallego, 2017), sin contar con beneficios sociales adicionales como la disminución de consumo de drogas en zonas aledañas, etc., que no son parte de este proyecto pero que contribuye en ese aspecto.

#### **Análisis comparativo del sector**

De acuerdo con los resultados de las encuestas y de las fuentes secundarias, se puede realizar el siguiente análisis en lo referente a las necesidades del cliente:

- Las razones fundamentales por ejercitarse regularmente son estar en forma, salud y mantenimiento o aumento de masa muscular. Por lo que suelen visitar el gimnasio

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

entre 4 o 5 veces por semana (55.4%), cuya regularidad concuerda con el grupo objetivo establecido.

- La variedad de máquinas, resistencia y carga son las motivaciones principales para la asistencia a un gimnasio, característica de la cual muchos bioparques actuales carecen.
- Existe un 23,1% de los entrevistados que no conoce los bioparques, pero esto no significa que no esté dispuesto a conocerlos y usarlos. Por otro lado, al menos un 60.8% ha utilizado los bioparques en alguna oportunidad regularmente y un 27.7% adicional cree haberlos usado.
- En cuanto al uso de los bioparques, existe un 38.5% de entrevistados que no los suele usar, lo que da pie a entender que el restante 61.5% los usa para entrenar al aire libre y calistenia principalmente, coincidiendo con los resultados expresados en el párrafo anterior.
- Las motivaciones principales para no usar los bioparques es debido a la falta de accesibilidad a un parque cercano, seguido de la simplicidad y falta de resistencia de los equipos disponibles.
- Ante la disponibilidad de un parque con máquinas que proporcionen variedad de ejercicios y flexibilidad de adaptación de cargas y resistencias el 49.2% está dispuesto de usarlo regularmente a la semana y un 20% a usarlo al menos una vez por semana y cuando el gimnasio principal esté cerrado (12,3%). En conclusión, el 93.8% de los entrevistados estarían dispuestos a usar un bioparque con las características adecuadas para un entrenamiento.
- Finalmente, los usuarios están dispuestos a entrenar los diferentes grupos musculares más importantes, siempre y cuando los equipos disponibles del bioparque lo permitan. Esto permite dirigir el diseño hacia máquinas que permitan realizar ejercicios que trabajen varios grupos musculares al tiempo.

### 4.2.3 Especificaciones de diseño

En este apartado se definen las especificaciones de acuerdo al análisis establecido previamente, por lo que el o los equipos debe estar diseñado en base a lo siguiente:

- Trabajo de varios grupos musculares tanto del tren superior como inferior.
- Manejo de variedad de pesos graduables tanto para usuarios principiantes como avanzados.
- Enfoque en ejercicios compuestos que fomentan la hipertrofia.
- Resistencia al uso y a la intemperie.
- Simplicidad y seguridad ante el usuario.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

## 4.3 Descripción de los procesos

### 4.3.1 Concepción del sistema

El diseño conceptual del sistema se enfoca en el desarrollo de dos máquinas que permitan variedad de ejercicios y de ser posible, la graduación de pesos y resistencia. Una de las máquinas se enfoca en trabajar los músculos principales del tren superior y la otra en los músculos principales del tren inferior.

Como parte de las conclusiones establecidas en el análisis del grupo objetivo, se busca trabajar ejercicios compuestos o multiarticulares dirigidos a los grupos musculares más grandes, pero también involucrando los más pequeños. Por ejemplo: al realizar dominadas, participan no solo los músculos más importantes de la espalda, sino que se involucran los hombros y bíceps de igual manera.

A continuación, se muestran bocetos conceptuales del equipo tanto para el tren superior como para el inferior.

#### *Tren superior*

Para este equipo se propone utilizar un número de partes móviles reducida y que permita ejercicios para el pecho y espalda principalmente. En la Figura 27, se plantea la solución y evolución de una super barra tradicional a un concepto más versátil. La versión original propone como ejercicios: dominadas con agarres prono, supino y neutro, así como paralelas o fondos y flexiones. Todos los ejercicios realizados utilizan el peso corporal como carga.

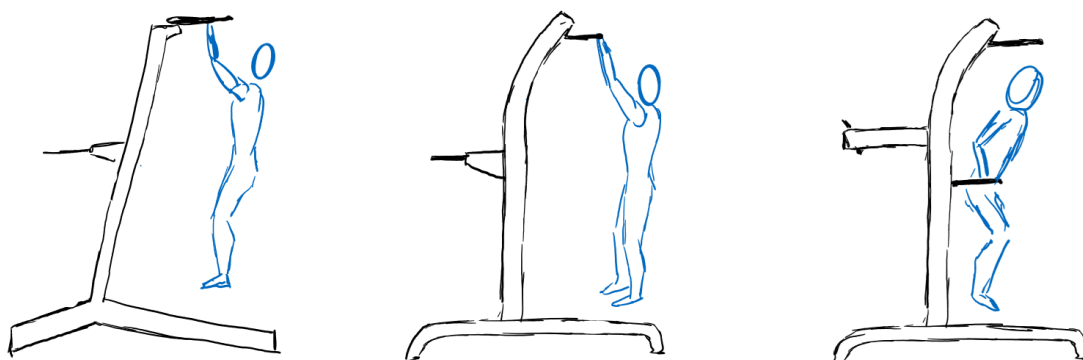


Figura 27: Bocetos exploratorios para el equipo del tren superior. Fuente: propia

A medida que se van realizando nuevas versiones, se mantiene la variación de la forma y se incluyen cambios funcionales en el equipo que contribuyen a la aparición de nuevos ejercicios como remo con varios agarres y un mecanismo móvil para realizar apertura y flexiones.



Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

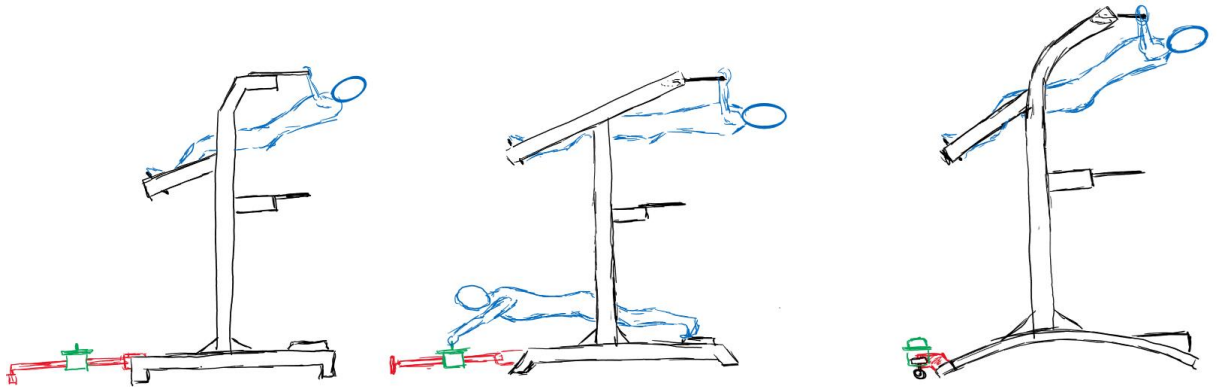


Figura 28: Bocetos exploratorios para el equipo de tren superior. Fuente: propia

La Figura 28 incluye en unas barras horizontales (color rojo) a nivel del piso sobre las cuales desliza un dispositivo que posee una manija (color verde). A través de este último, se puede realizar aperturas laterales y frontales, a su vez que permite hacer flexiones induciendo el factor inestabilidad o falta de control al momento de realizar el ejercicio, dificultándolo y promoviendo el crecimiento muscular.

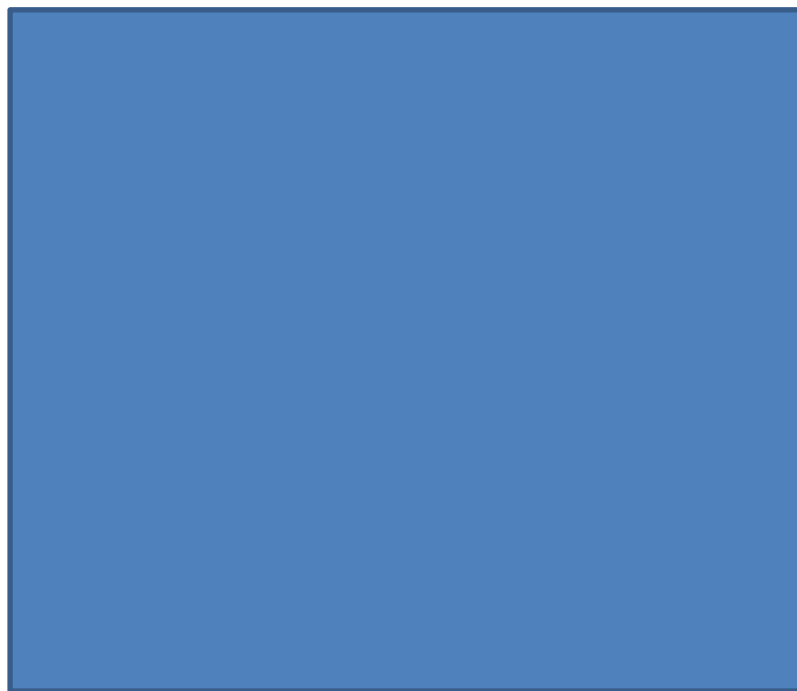


Figura 29: Bocetos de algunos conceptos propuestos. Fuente: propia

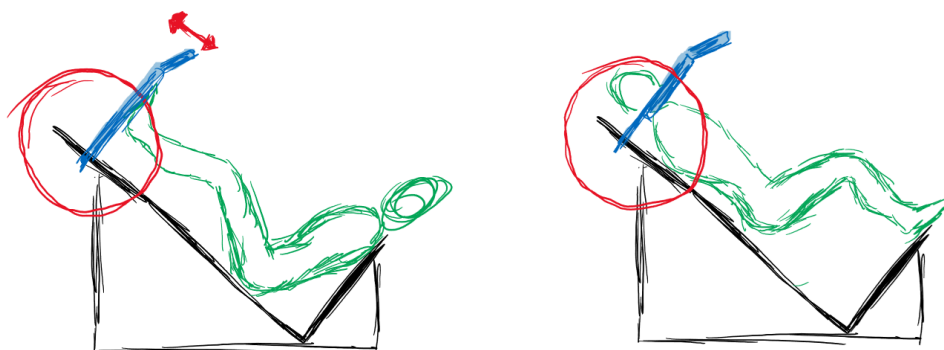
Una vez establecidas, las diferentes propuestas, se procede a realizar un boceto descriptivo de algunas de ellas para definir qué partes podría o no incluir la versión definitiva del equipo (Ver Figura 29). Para estas versiones se incluye un mecanismo para variar el ancho del agarre en las paralelas o fondos y una barra Z adicional que permite trabajar el pecho y los tríceps a medida que se juntan las manos. También se pretende aprovechar el uso de curvas en la

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

estructura, con la finalidad de transmitir un sentido estético diferente al de los equipos actuales.

### ***Tren inferior***

Se pretende diseñar un equipo que permita realizar los dos ejercicios principales para el desarrollo de piernas: sentadillas y prensa, donde se debe incluir la forma de agregar carga adicional, puesto que el peso corporal no es suficiente para obtener resultados similares a los que se lograrían en la parte superior del cuerpo. En la realización de estos bocetos se parte de un mecanismo tradicional muy común en algunas máquinas diseñadas para los gimnasios tradicionales, donde se usan discos para incrementar el peso en la parte superior y se cambia la posición del cuerpo para realizar uno u otro ejercicio (Ver Figura 30).



*Figura 30: Propuesta inicial para equipo del tren inferior. Fuente: propia*

El problema funcional con este boceto es que la carga debe estar en la parte superior del equipo usando discos de hierro fundido para incrementar el peso. En otros equipos, como los mostrados en el estado del arte, se pueden utilizar placas, guayas y poleas. Ninguna de las dos situaciones es la adecuada para un equipo al aire libre ya que puede ser vandalizado o deteriorado por la intemperie.

Se propone una variante basado en un equipo mostrado en el estado del arte (Ver Tabla 7), pero con la diferencia de combinar ese concepto con el de las mancuernas de peso ajustable (Ver Figura 14) donde el usuario puede escoger el peso sin necesidad de tocar los discos. Otra ventaja es que la carga está ubicada muy cercana al piso, mejorando la seguridad del equipo.

Desde el punto de vista de la forma se proponen algunas variantes que se muestran en la Figura 31. El equipo permite variar la posición del espaldar tanto para usarlo como máquina de sentadillas y prensa además la carga se ubica detrás del apoyo para los pies.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

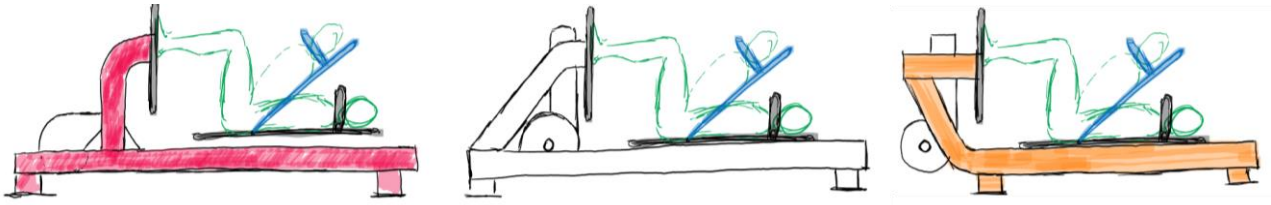


Figura 31: Bocetos exploratorios para el equipo del tren inferior. Fuente: propia

En cuanto a la funcionalidad, se proponen dos mecanismos para conectar el movimiento que realiza el usuario con el de la carga o resistencia. El primero consiste en el uso de un mecanismo muy común denominado piñón cremallera, pero en este caso usa un solo piñón y dos cremalleras. El segundo se basa en un sistema de palancas que convierte el movimiento lineal en una dirección horizontal, en otra dirección vertical. La Figura 32, muestra una serie de bocetos a mano alzada que ilustran los dos mecanismos mencionados previamente.



Figura 32: Bocetos funcionales para el equipo del tren inferior. Fuente: propia

Una vez definidas las diferentes propuestas, se procede a realizar un boceto descriptivo de algunas de ellas para definir qué partes puede o no incluir la versión definitiva del equipo (Ver Figura 33).

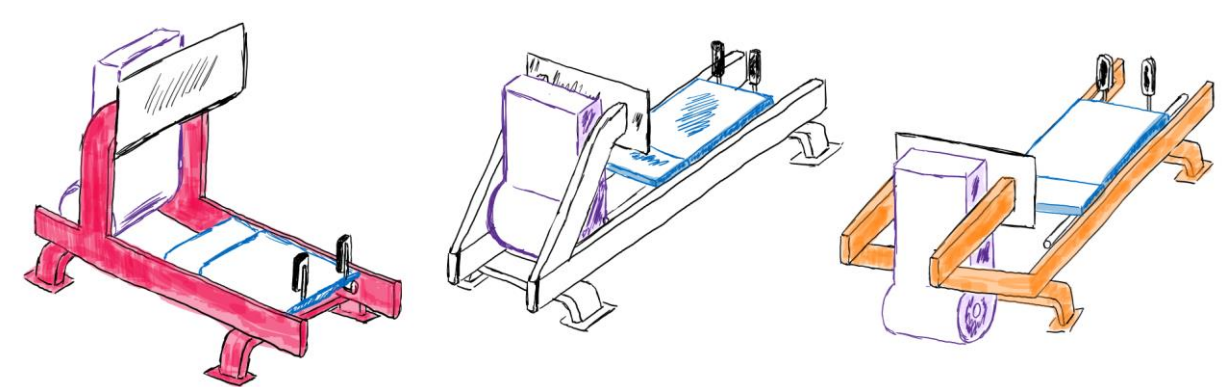


Figura 33: Bocetos descriptivos del equipo para el tren inferior. Fuente: propia

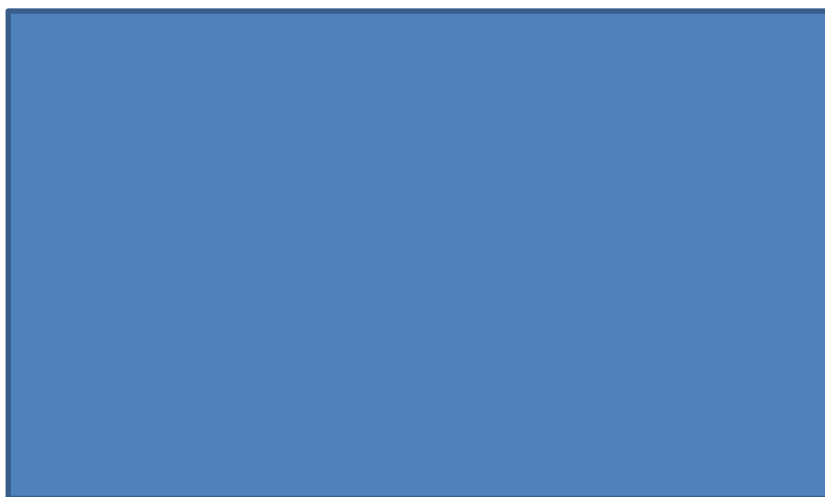
Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

### **Selección de las alternativas**

Para ambos equipos, la selección de la alternativa es una decisión cualitativa más que cuantitativa y depende de la percepción estética de las propuestas.

Para el equipo de tren superior se opta por la opción que presenta mayor combinación de curvas en su forma final, pero manteniendo la funcionalidad de las diferentes propuestas mostradas.

Como las opciones son similares, para el equipo de tren inferior se selecciona la opción que estéticamente resulta más atractiva y coherente al autor. En lo referente a la funcionalidad, se prefiere el uso de engranajes debido a la simplicidad del mecanismo y la facilidad de poderse ocultar mientras el equipo este operativo, mejorando de esta manera la seguridad y permitiendo que pueda haber niños alrededor del mismo sin que corran peligro de ser lastimados (Ver Figura 34).



*Figura 34: Bocetos seleccionados para desarrollar en CAD. Fuente: propia*

### **4.3.2 Modelado CAD**

Para el desarrollo de las propuestas a nivel de detalle se utiliza un software CAD que facilita el dibujo y diseño, donde para el conformado de la máquina se establece un diseño basado principalmente en procesos de fabricación básicos como: doblado de perfiles estructurales, doblado de barras macizas, soldadura por arco eléctrico, taladrado, mecanizado utilizando fresadoras, tornos convencionales, y en algunos casos CNC. También, para el diseño del equipo se trata de buscar materiales estándar disponibles tanto en el mercado nacional como en el internacional, tales como: perfiles estructurales, pletinas, barras de acero, barras de polímero, etc.

#### **Antropometría**

Para validar las dimensiones de los equipos a diseñar y en función del grupo objetivo, se realiza una revisión de los percentiles humanos que derivan de la antropometría. Para esto,

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

se obtienen los valores para la población latinoamericana (Ávila Chaurand, Prado León, & González Muñoz, 2007) y en específico para 2100 trabajadores colombianos, hombres y mujeres entre los 20 y 59 años de edad, distribuidos a lo largo y ancho del país, tomando los valores del percentil 95% abarcando la mayor cantidad de usuarios. A continuación, se presenta un resumen las medidas que se consideran relevantes para el diseño:

- Individuo de pie: estatura, altura de los hombros, ancho de los hombros, altura de los codos ancho de las caderas y altura de la mano.
- Individuo sentado: estatura medida desde el asiento, altura de los hombros, altura de los codos, altura del asiento y longitud nalga – rodilla.

En la Figura 35 se presenta una imagen con las dimensiones de referencia para la población en general seguido de los promedios respectivos para la población masculina y femenina respectivamente en la Tabla 11.

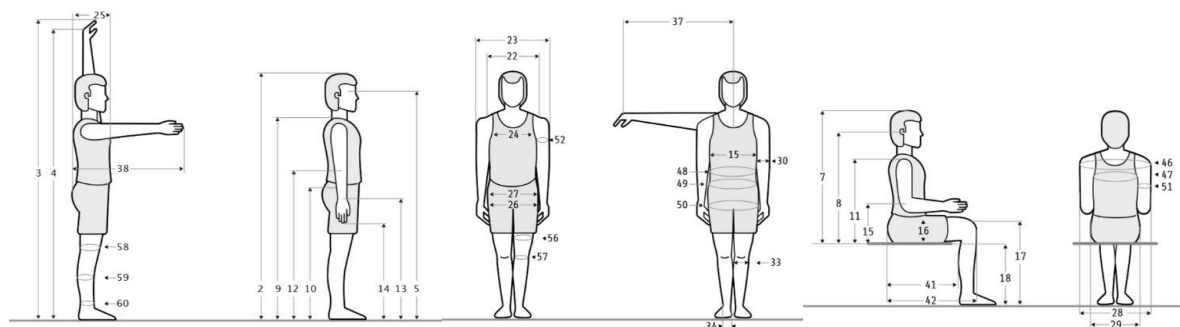


Figura 35: Población laboral sexo masculino de 20 a 39 años. Fuente: (Ávila Chaurand, Prado León, & González Muñoz, 2007)

Tabla 11: Promedio antropométrico de la población en estudio. Fuente: propia.

Dimensiones	Promedio Femenino	Promedio Masculino	Promedio Total
2 De pie: Estatura	165,3	178,3	171,8
7 Sentado: Altura	87,4	93,3	90,3
9 De pie: Altura de los hombros	135,3	146,7	141,0
11 Sentado: Altura de los hombros	58,5	62,9	60,7
12 De pie: Altura de los codos	104,4	113,4	108,9
14 De pie: Altura de la mano	63,7	68,7	66,2
15 Sentado: Altura de los codos	26,3	27,6	26,9
18 Sentado: Altura del asiento	41,8	45,8	43,8
23 De pie: Ancho de los hombros	47,0	50,5	48,8
27 De pie: Ancho de las caderas	35,9	35,4	35,6
42 Sentado: Longitud nalga rodilla	59,5	61,2	60,3

Como el diseño se desarrolla desde el CAD, se utiliza como referencia un modelo que se valida comparándolo con el promedio de la población en estudio (Ver Figura 36). Se observa que el modelo virtual representa con bastante certeza el promedio del grupo objetivo, por lo que es una buena representación para el desarrollo del diseño.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

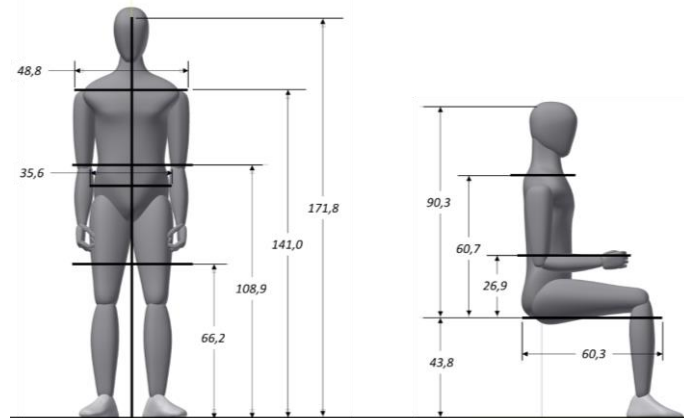


Figura 36: Modelo virtual contrastado con los promedios obtenidos. Fuente: propia.

### **Tren superior**

El equipo consiste en dos vigas estructurales perfil tipo oval que hacen la función tanto de columnas como de vigas de apoyo tanto para la base, como para la parte superior (Shang Hsing Steel Industries Co., LTD., 2002 - 2020). Para mantenerlas unidas se utilizan los mismos perfiles y en algunos sitios barras de acero macizo de 1" de diámetro, muy comunes para todos los agarres utilizados en las máquinas de ejercicios por su comodidad al tacto. La Figura 37 muestra el equipo definitivo diseñado para ser usado en parques. A continuación, se explican los diferentes dispositivos involucrados, así como los ejercicios que se pueden realizar.

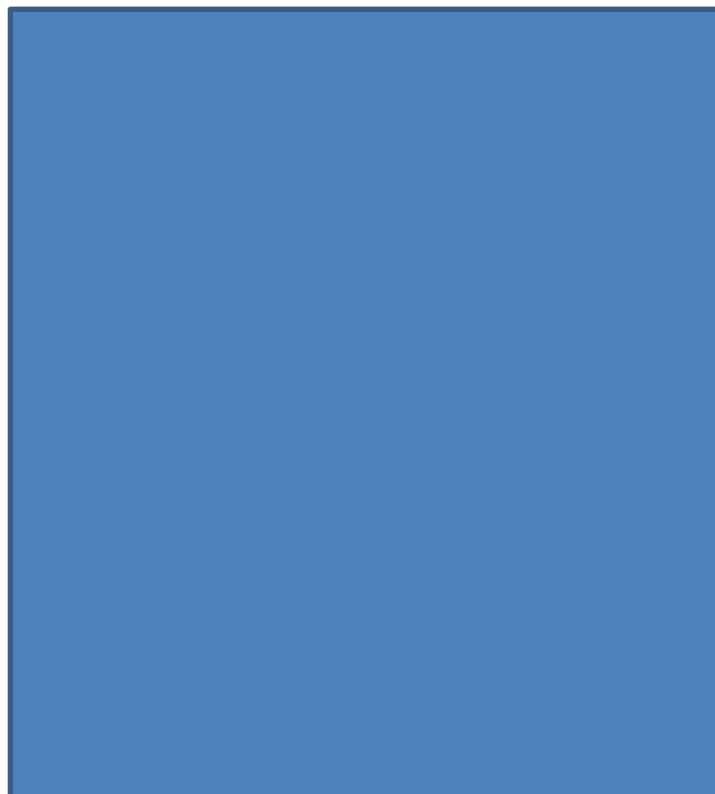
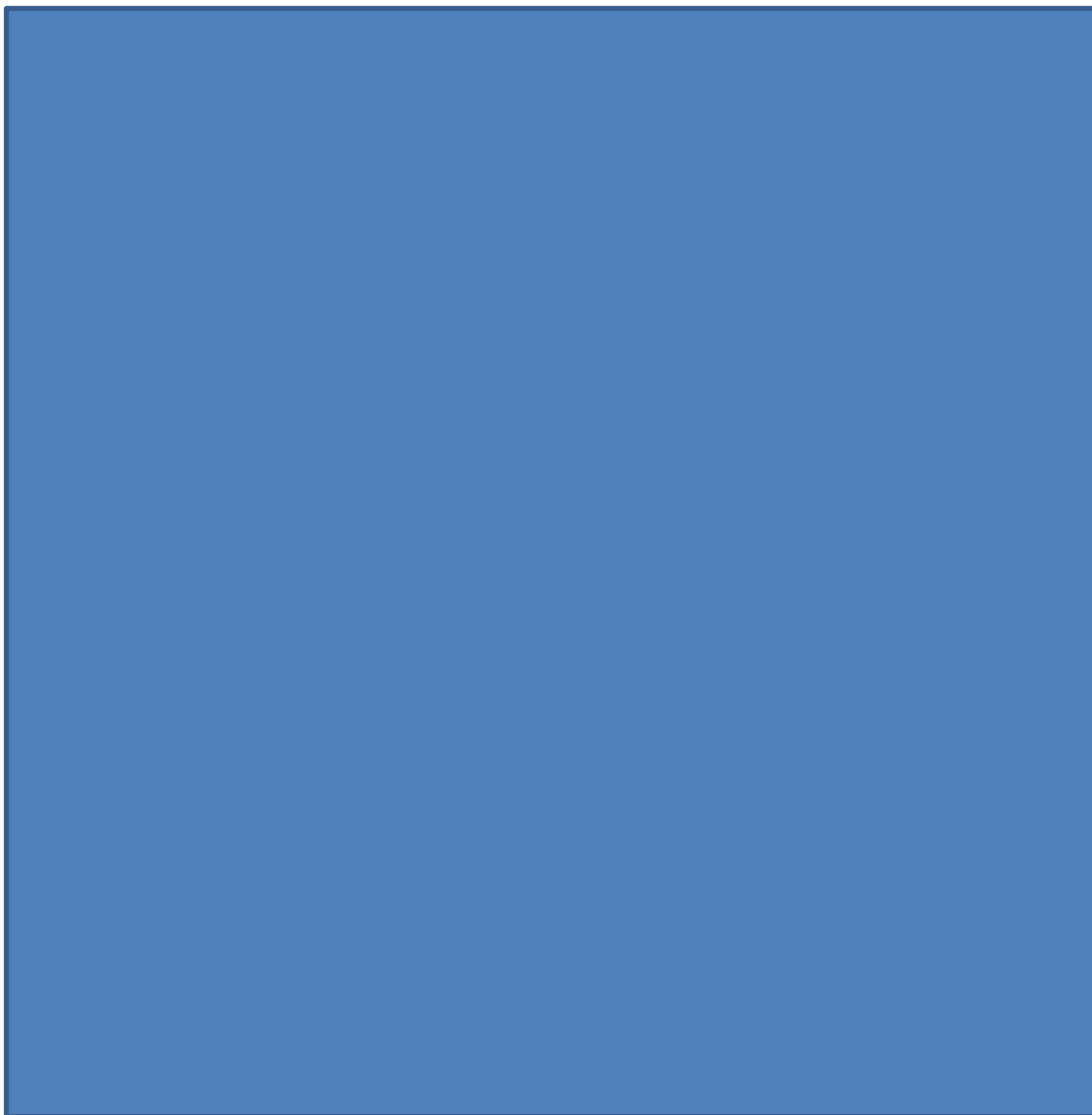


Figura 37: Diseño definitivo del equipo para el tren superior. Fuente: propia

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

Para los ejercicios de espalda la maquina cuenta con agarres en prono, supino y neutro tanto para realizar dominadas como para remo con los pies elevados. En la Figura 38, se ilustran las posiciones que puede realizar el usuario durante los diferentes ejercicios mencionados.



*Figura 38: Ejercicios de espalda que se pueden realizar en el equipo. Fuente: propia*

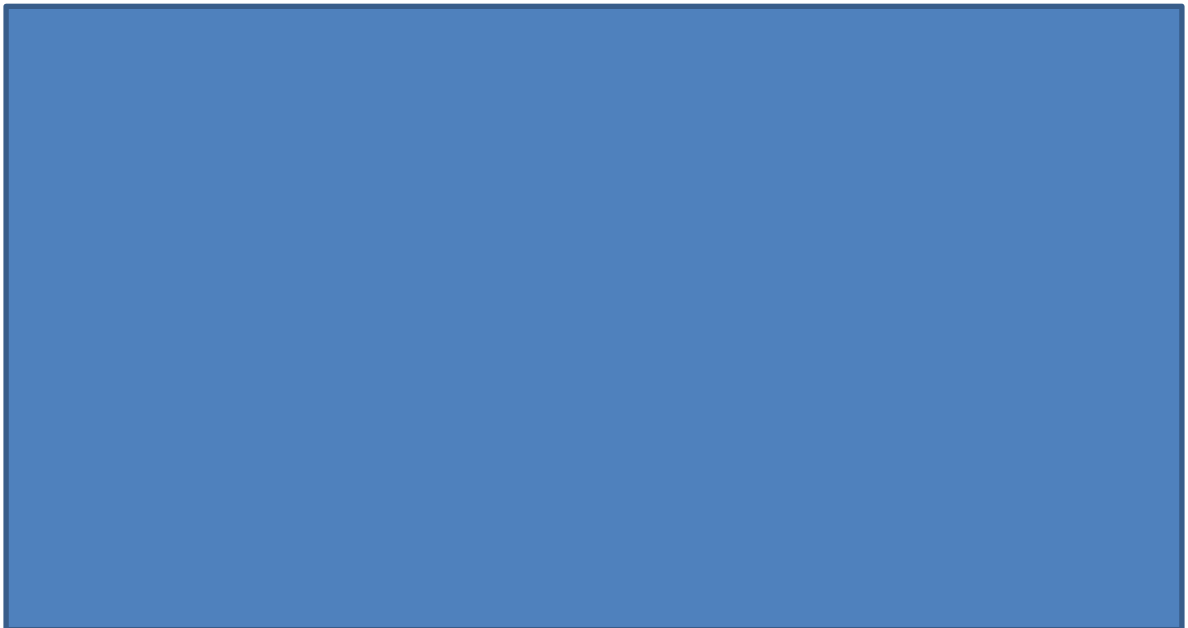
En el caso de los ejercicios para pecho, el equipo destaca en su versatilidad puesto que permite ejercicios como paralelas o fondos con agarres cerrados y abiertos, flexiones en diferentes versiones utilizando la barra Z y finalmente, aperturas o vuelos con un mecanismo diseñado específicamente para tal fin. En la Figura 39, se muestran las dos posibles posiciones que permite la máquina para el caso del ejercicio de paralelas.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo



*Figura 39: Mecanismo para realizar el ejercicio de paralelas. Fuente: propia*

La realización de flexiones utilizando la barra Z permite trabajar tanto el pecho como los tríceps dependiendo del agarre utilizado. Cuanto más abierto, el trabajo se concentra en el pecho mientras que más cerrado se enfoca en los tríceps. Además, la barra puede rotar libremente dificultando cualquiera de los ejercicios que allí se realicen debido a la inestabilidad presente.



*Figura 40: Mecanismo para realizar flexiones usando la barra Z. Fuente: propia*

Para realizar aperturas o vuelos e incluso diferentes variaciones para las flexiones, el equipo cuenta con un sistema o mecanismo especial que está compuesto por tres subconjuntos: la barra principal, el patín y el agarre (Ver Figura 41).



Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo



*Figura 41: Sistema para realización de aperturas de pecho. Fuente: propia*

El mecanismo permite que la barra o viga se adapte a diferentes posiciones angulares. Por un lado se apoya sobre la estructura principal, mientras que por el otro posee una rueda industrial comercial para evitar la flexión de la viga respecto al resto de la máquina. Se encuentra fabricada con un perfil estructural comercial con un tratamiento superficial a posterior para garantizar su resistencia a la fricción e intemperie (Ver Figura 42).



*Figura 42: Sistema de apertura. Fuente: propia*

El patín está compuesto por una serie de rodillos fabricados en un polímero con bajo coeficiente de fricción (PTFE, PEEK, PPS, nylon, acetal y/o poliéster) con respecto al acero (Aislamiento y Estanqueidad Erica, S.L., 1991 - 2020) (Ensinger, 2020), conformado por una serie de pletinas dobladas que garantizan la resistencia suficiente para soportar el peso de un usuario promedio. El agarre consiste en un plato circular de acero con un eje que acopla sobre el patín y le permite rotar libremente, mientras que del lado posterior posee una manija soldada de acero. La Figura 43 permite observar en más detalle estos dos componentes mencionados.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo



Figura 43: Detalle del patín y agarre del sistema de apertura. Fuente: propia

La flexibilidad de la máquina en cuanto a los ejercicios a realizar depende de la imaginación y creatividad del usuario. A continuación, se muestra una variante en el uso de la barra Z, que permite el entrenamiento de los hombros utilizando la estructura de la máquina para el apoyo de los pies como en el caso de los ejercicios de remo.

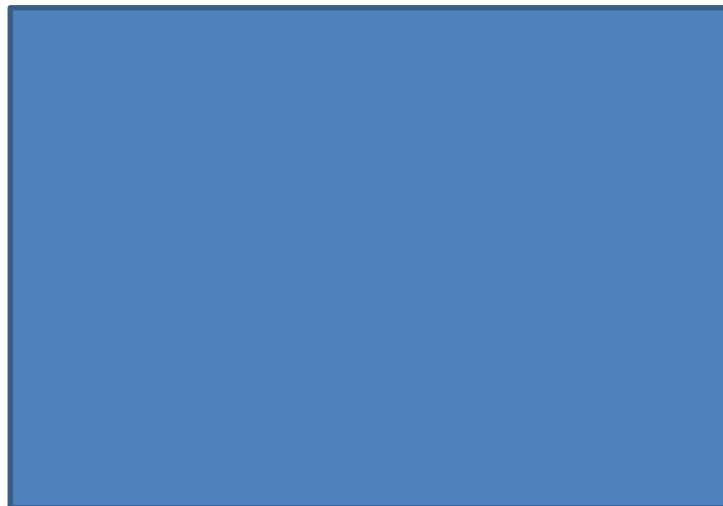


Figura 44: Ilustración para la realización de un ejercicio para los hombros. Fuente: propia

### **Tren inferior**

La primera aproximación del diseño en detalle de la máquina del tren inferior, consiste en dos vigas estructurales perfil tipo rectangular (Metalco, s.f.) que hacen la función de soportar la estructura bajo la cual se ubica el usuario, así como la carga a levantar. Para mantenerlas unidas se utilizan los mismos perfiles sobre los cuales se apoya toda la máquina. La Figura 45 muestra el equipo preliminar diseñado para ser usado en parques.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

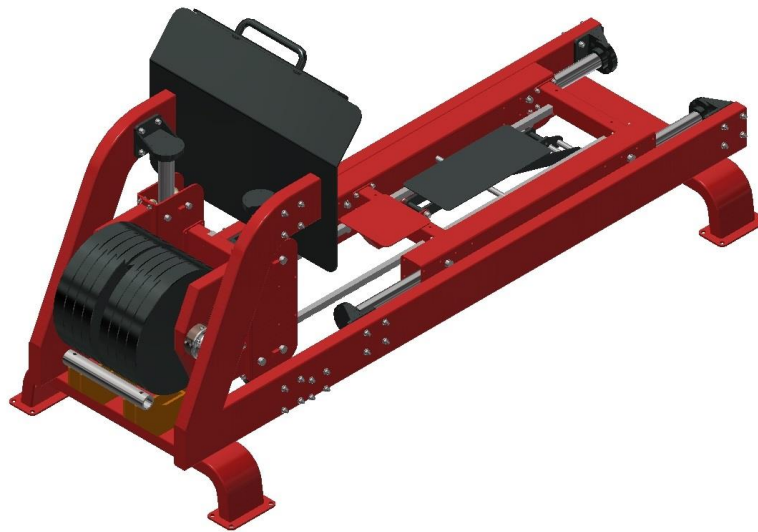


Figura 45: Diseño preliminar en detalle del equipo para el tren inferior. Fuente: propia

La máquina está compuesta de varios mecanismos entre los que se destacan el asiento ajustable y el mecanismo de elevación de la carga. Ambos se encuentran acoplados de un sistema de piñón cremallera mencionado en el diseño conceptual. La Figura 46 muestra una vista en sección longitudinal de la máquina, donde se puede apreciar el mecanismo mencionado. La cremallera horizontal está acoplada con el asiento del usuario, la vertical con la carga. Ambas están conectadas a través de engranajes que giran a través de un mismo eje. La cremallera horizontal se acopla a un engranaje de mayor diámetro que la vertical, lo que genera que la carga percibida por el usuario sea mucho menor.

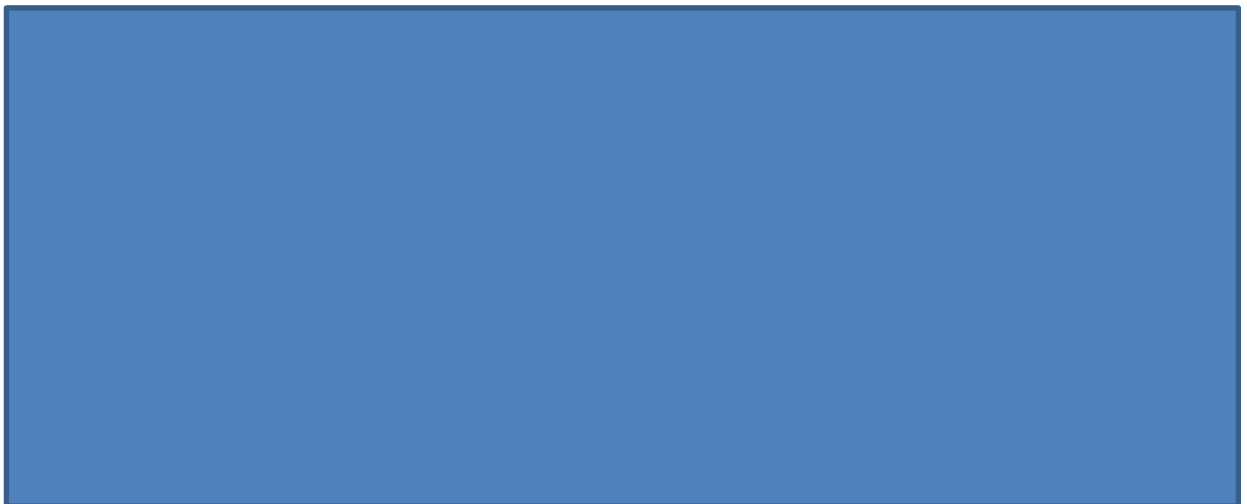


Figura 46: Vista en sección del equipo y detalle de la transmisión. Fuente: propia

El motivo por el cual los engranajes son de diferentes diámetros es que la distancia vertical en la que debía desplazarse la carga tenía que ser menor que la horizontal. Esta última depende del movimiento del usuario (flexión y extensión de las rodillas), mientras que la otra

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

del espacio disponible a lo largo de la vertical. Se deseaba que todo el componente de carga estuviera lo más cercano al piso para evitar cualquier accidente en dado caso que algún mecanismo fallara. De acuerdo a los cálculos realizados, la percepción del usuario es  $1/3$  de la de la carga real por el efecto de la relación de transmisión, lo que de alguna manera contrapone el diseño original de garantizar un equipo con suficiente carga que compita con los equipos tradicionales de un gimnasio. Para minimizar este efecto era necesario incrementar el sistema de carga a unos 500 Kg para que representara un reto para un usuario de alto rendimiento (alrededor de 170 kg). Esto implicaba el incrementar el ancho de la máquina agregando más discos y peso, por lo que se generaron dudas respecto al sistema utilizado. Se decide cambiar el diseño, sustituyendo el sistema piñón cremallera por un mecanismo de cuatro barras que se presenta a continuación:



*Figura 47: Diseño alternativo del equipo para el tren inferior. Fuente: propia*

El nuevo diseño presenta también una relación entre la carga real y la percepción del usuario, pero en este caso es de  $2/3$  y está diseñado para que, a su máxima capacidad, el atleta tenga que hacer cerca de 190 Kg de fuerza con las piernas. En cuanto a los ejercicios que permite, comparado con la propuesta anterior, son básicamente los mismos posibilitando el trabajo de grupos musculares como cuádriceps, isquiotibiales y pantorrillas, accediendo a ejercicios como prensa y sentadillas que se muestra a continuación.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo



*Figura 48: Ejercicios de piernas que se pueden realizar en el equipo. Fuente: propia*

El equipo cuenta con varios dispositivos que lo hacen particular frente a las propuestas mencionadas en el estado del arte y a las máquinas de gimnasio tradicionales. Estas características se señalan a continuación:

- Sistema de selección de carga: está compuesto por una serie de discos y de un eje con un tornillo de potencia adosado. El sistema cuenta con unas palancas que al girar permiten su operación (Ver Figura 49), el usuario simplemente va girando las palancas y el mecanismo (a través del eje) va seleccionando desde uno hasta 5 discos por cada lado, permitiendo escoger desde 43 Kg hasta 188 Kg (de 18 Kg en 18 Kg) dependiendo de lo que desee el usuario. Para tener percepción del número de discos seleccionado, el equipo cuenta con un pin (circulo en rojo) que va dando la retroalimentación del número de discos que está seleccionando. El usuario no puede acceder a los discos directamente ya que el equipo cuenta con una carcasa (Ver Figura 50) que protege y aísla todo el sistema de carga. En aquellas zonas de abertura por el movimiento del mecanismo se colocarán cepillos selladores (no mostrado en el CAD, Ver Figura 51) dentro de la carcasa que tiene dos funciones: evitar que las personas introduzcan las

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

manos y disminuir la entrada del agua durante la lluvia. Cabe mencionar que, para proteger el mecanismo principal contra la corrosión natural debido a la intemperie, el sistema cuenta con sellos del tipo o-ring para evitar la entrada del agua.

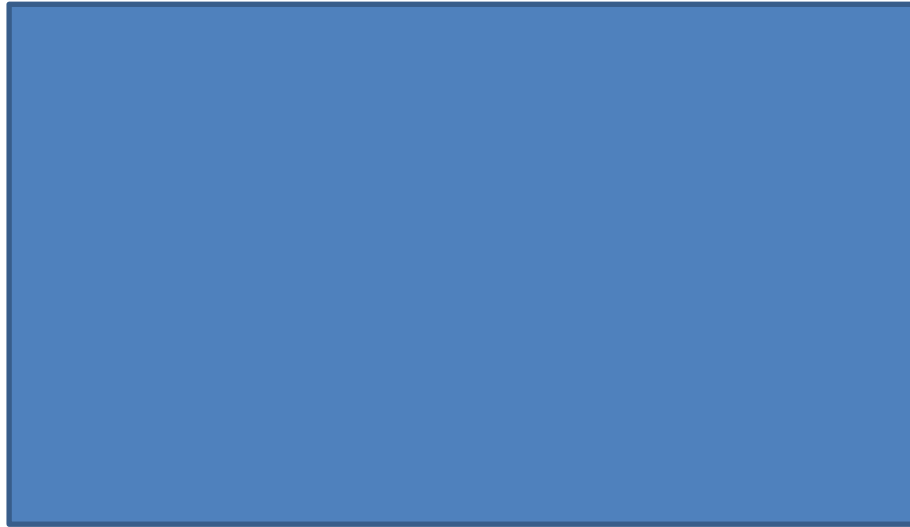


Figura 49: Mecanismo selector de las cargas. Fuente: propia

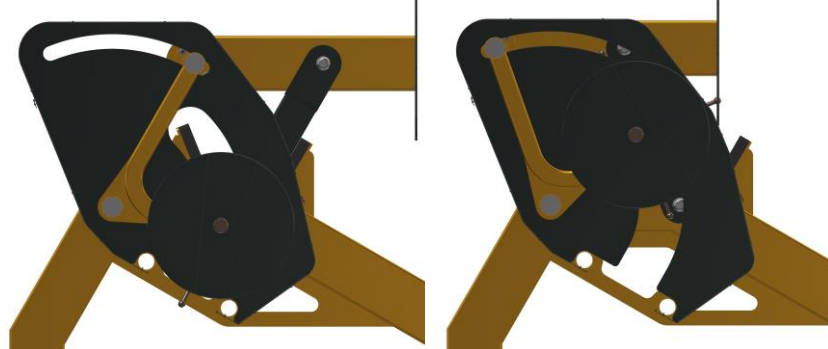


Figura 50: Carcasa protectora del sistema de carga. Fuente: propia



Figura 51: Sello de cepillo para puertas, ventanas, etc. Fuente: <https://bit.ly/2BuMNV0>

- Sistema de amortiguación para el respaldo del asiento: como el equipo está expuesto a la intemperie los asientos deben fabricarse de un material resistente a la misma. El más recomendado para estas aplicaciones es el polipropileno por su resistencia

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

mecánica y contra el clima al aire libre. Especialmente en el ejercicio de prensa, donde la reacción de la fuerza ejercida por las piernas recae sobre el espaldar, se diseña un sistema de almohadillas plásticas que “suavizan” el contacto entre la espalda y el asiento durante este ejercicio. La Figura 52 muestra como está diseñado el mecanismo que, a través de las almohadillas y resortes, se adaptan a la forma natural del cuerpo minimizando la presión debido a la reacción sobre la espalda.



*Figura 52: Sistema de amortiguación para el respaldar del asiento. Fuente: propia*

- Soporte para los hombros: consiste en unas almohadillas con las mismas características que las usadas para el respaldar, pero son utilizadas para el apoyo de los hombros durante el ejercicio de sentadillas. Está diseñado para adaptarse de acuerdo al cuerpo del usuario, si son personas de corta estatura o no. Se ubican manualmente y en el caso que sea necesario reclinar el asiento, el mecanismo permite abrirse para dar paso al respaldar (Ver Figura 53).



*Figura 53: Mecanismo para el soporte de los hombros. Fuente: propia*

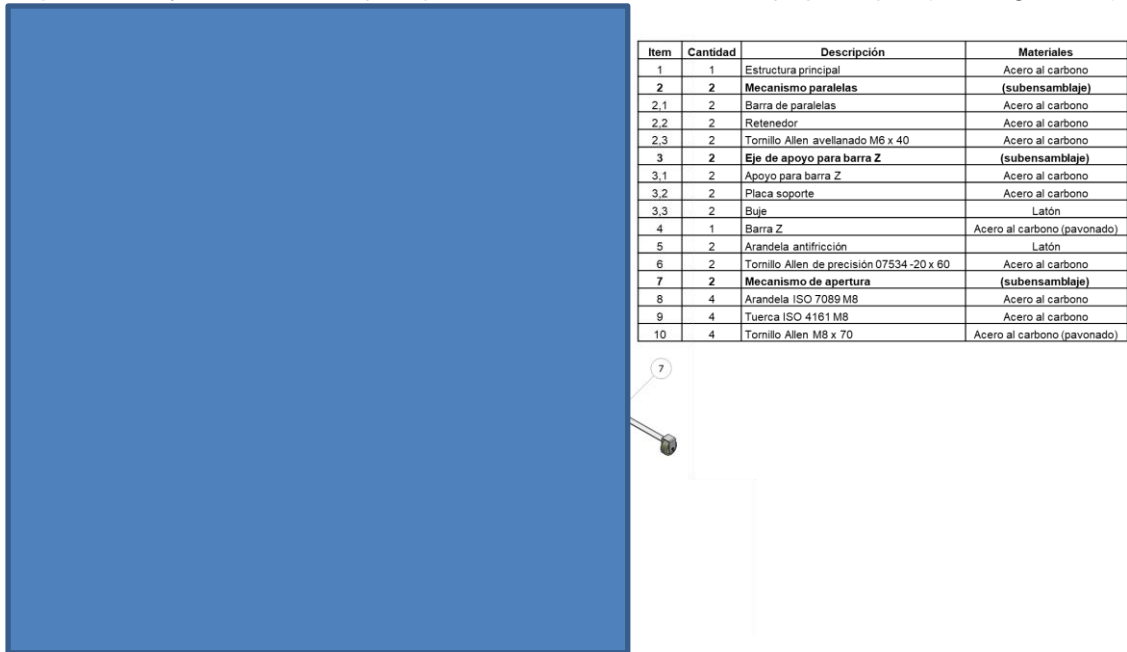
Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

### 4.3.3 Fabricación

Esta fase del proyecto se describe por equipo y por ensamblajes, comenzando por el ensamblaje principal donde se listan los subensamblajes y componentes principales, para luego dar paso a cada uno de ellos por separado, listando los componentes individuales.

#### *Tren superior*

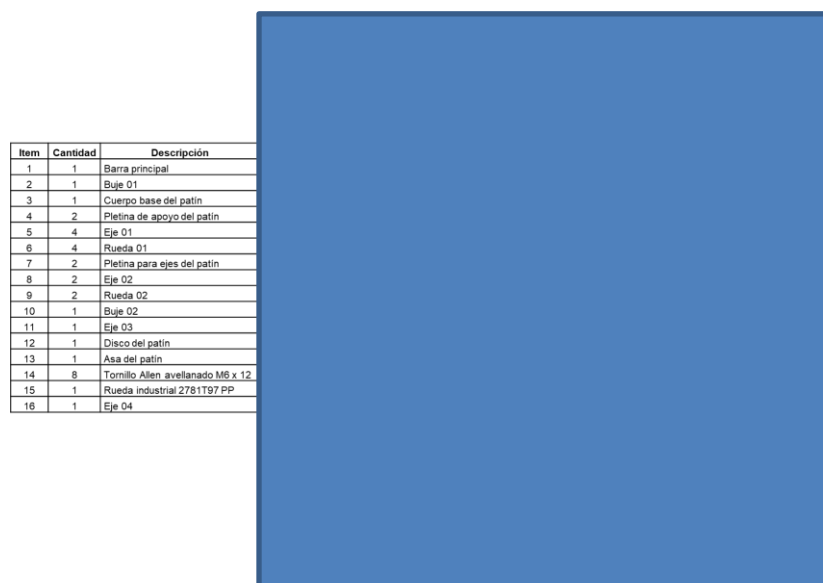
A continuación, se muestra un despiece del equipo principal. Allí se enumeran los componentes y subensamblajes que conforman el ensamblaje principal (Ver Figura 54).



Item	Cantidad	Descripción	Materiales
1	1	Estructura principal	Acero al carbono
2	2	<b>Mecanismo paralelas</b>	<b>(subensamblaje)</b>
2,1	2	Barra de paralelas	Acero al carbono
2,2	2	Retenedor	Acero al carbono
2,3	2	Tomillo Allen avellanado M6 x 40	Acero al carbono
3	2	<b>Eje de apoyo para barra Z</b>	<b>(subensamblaje)</b>
3,1	2	Apoyo para barra Z	Acero al carbono
3,2	2	Placa soporte	Acero al carbono
3,3	2	Buje	Latón
4	1	Barra Z	Acero al carbono (pavonado)
5	2	Arandela antifricción	Latón
6	2	Tomillo Allen de precisión 07534-20 x 60	Acero al carbono
7	2	<b>Mecanismo de apertura</b>	<b>(subensamblaje)</b>
8	4	Arandela ISO 7089 M8	Acero al carbono
9	4	Tuerca ISO 4161 M8	Acero al carbono
10	4	Tomillo Allen M8 x 70	Acero al carbono (pavonado)

Figura 54: Despiece y lista de componentes de la máquina tren superior. Fuente: propia

Como en la figura previa se incluyen 2 de los 3 subensamblajes que contiene el mecanismo principal. En la Figura 55 se desglosan los componentes del mecanismo de apertura.



Item	Cantidad	Descripción
1	1	Barra principal
2	1	Buje 01
3	1	Cuerpo base del patin
4	2	Pletina de apoyo del patin
5	4	Eje 01
6	4	Rueda 01
7	2	Pletina para ejes del patin
8	2	Eje 02
9	2	Rueda 02
10	1	Buje 02
11	1	Eje 03
12	1	Disco del patin
13	1	Asa del patin
14	8	Tomillo Allen avellanado M6 x 12
15	1	Rueda industrial 2781197 PP
16	1	Eje 04














Figura 55: Despiece y lista de componentes del mecanismo de apertura. Fuente: propia



Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

A partir de estos despieces, en la Tabla 12 y Tabla 13 se describen: el material base, los procesos de fabricación, las máquinas involucradas y una imagen adicional de cada elemento que pertenecen al ensamblaje principal y al mecanismo de apertura.

















*Tabla 12: Procesos de fabricación del equipo tren superior. Fuente: propia*

Item	Material Base	Procesos de fabricación	Máquinas	Imagen
1	Tubo estructural Oval 120 x 50 mm. Barra de acero de diámetro 1" Tubo mecánico de diámetro de 2" Pletina de 3/8" x 6" Pletina de 9/16" x 2" Lámina de 1/4" de 2 mts x 1 mts	Cortado por segueta Cortado por plasma Doblado Mecanizado por fresadora Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado Soldadura por arco eléctrico	Segueta mecánica Dobladora de 3 puntos Lima manual Taladro de banco Fresadora Torno Máquina de Soldar por arco eléctrico Cortadora por plasma	
2,1	Barra de acero de diámetro 1"	Cortado por segueta Doblado Mecanizado por fresadora Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado y roscado Soldadura por arco eléctrico	Segueta mecánica Dobladora de 3 puntos Lima manual Taladro de banco Fresadora Torno Máquina de Soldar por arco eléctrico	
2,2	Barra de acero de diámetro 3/4"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado	Lima manual Torno	
2,3	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
3,1	Barra de acero de diámetro 1" Tubo mecánico de diámetro de 2" Pletina de 3/16" x 1 1/2"	Mecanizado por fresadora Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado Soldadura por arco eléctrico	Segueta mecánica Lima manual Fresadora Torno Máquina de Soldar por arco eléctrico	
3,2	Pletina de 3/16" x 1 1/2"	Cortado Mecanizado por fresadora Limado de la rebarba Taladrado	Segueta mecánica Lima manual Fresadora	
3,3	Barra de latón de diámetro 1 1/2"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Lima manual Torno	
4	Barra de acero de diámetro 1"	Cortado Doblado Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Segueta mecánica Dobladora de 3 puntos Lima manual Torno	
5	Barra de latón de diámetro 1 3/4"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Lima manual Torno	
6	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
8	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
9	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
10	No aplica*	No aplica*	No aplica*	

\* Las piezas estándar como tornillos y tuercas se compran bajo pedido, por este motivo no se incluyen los procesos de fabricación de estos elementos

Máster		Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos		Apellidos: Clavijo Vargas
		Nombre: Andrés Gerardo

Tabla 13: Procesos de fabricación del mecanismo de apertura. Fuente: propia

Item	Material Base	Procesos de fabricación	Máquinas	Imagen
1	Tubo estructural cuadrado 25 mm. Tubo mecánico de diámetro de 2" Pletina de 3/16" x 1 1/2"	Cortado Doblado Mecanizado por fresadora Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado Soldadura por arco eléctrico	Segueta mecánica Dobladora de láminas Lima manual Fresadora Torno Máquina de Soldar por arco eléctrico	
2	Barra de latón de diámetro 1 1/2"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Lima manual Torno	
3	Barra cuadrada de 7/8"	Cortado Mecanizado por fresadora Limado de la rebarba Taladrado	Segueta mecánica Lima manual Fresadora	
4	Pletina de 3/16" x 2"	Corte por plasma Doblado Mecanizado por fresadora Limado de la rebarba Taladrado	Cortadora por plasma Dobladora de láminas Lima manual Torno	
5	Barra de acero de diámetro 3/8"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Lima manual Torno	
6	Barra de Nylon de diámetro 3/4"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Lima manual Torno	
7	Pletina de 3/16" x 3"	Cortado Doblado Mecanizado por fresadora Limado de la rebarba Taladrado	Segueta mecánica Dobladora de láminas Lima manual Torno	
8	Barra de acero de diámetro 3/8"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Lima manual Torno	
9	Barra de Nylon de diámetro 3/4"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Lima manual Torno	
10	Barra de latón de diámetro 1 1/2"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Lima manual Torno	
11	Barra de acero de diámetro 3/4"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Lima manual Torno	
12	Lámina de 1/4" de 2 mts x 1 mts	Corte por plasma Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Cortadora por plasma Lima manual Torno	
13	Barra de acero de diámetro 1"	Cortado Doblado Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Segueta mecánica Dobladora de 3 puntos Lima manual Torno	
14	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
15	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
16	Barra de acero de diámetro 3/4"	Cortado Mecanizado por torno Mecanizado por fresadora Limado de la rebarba	Segueta mecánica Lima manual Fresadora Torno	

\* Las piezas estándar como tornillos y tuercas se compran bajo pedido, por este motivo no se incluyen los procesos de fabricación de estos elementos

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

### Tren inferior

La figura que se presenta a continuación, muestra el despiece del equipo completo compuesto por varios subensamblajes que se detallan más adelante y algunos de los componentes.

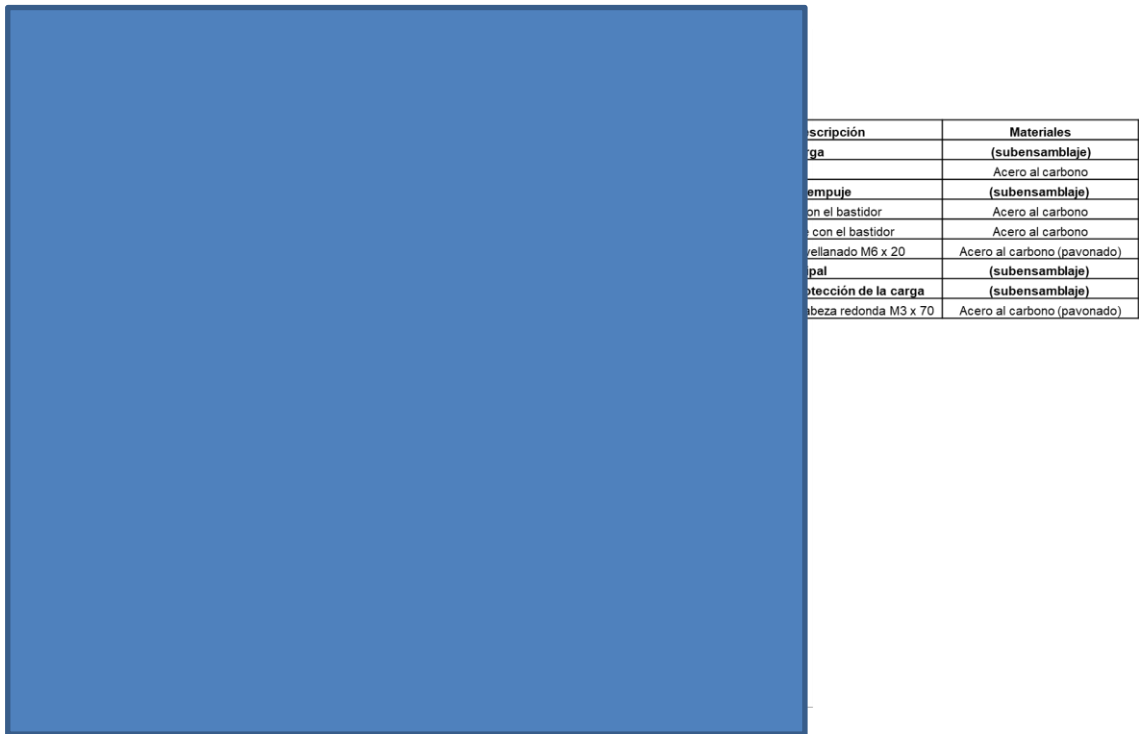


Figura 56: Despiece y lista de componentes de la máquina tren inferior. Fuente: propia

Con la presentación de estos subensamblajes, se desglosan y enumeran en el mismo orden en que aparecen en la lista de la Figura 56, los componentes de los diferentes mecanismos y sistemas presentes en el equipo.

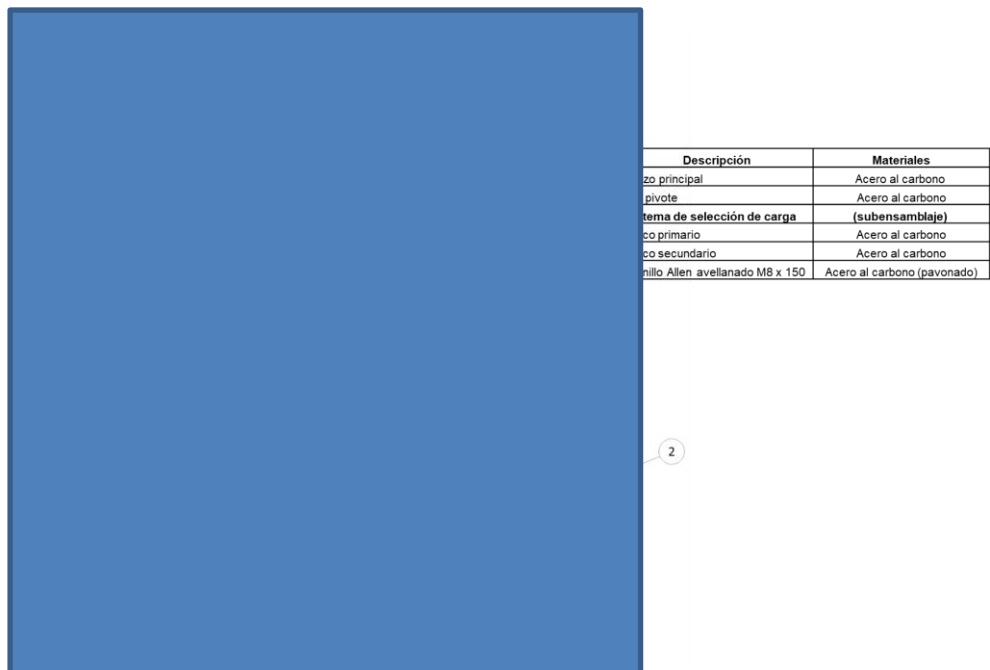


Figura 57: Despiece y lista de componentes del sistema de carga. Fuente: propia

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo



Cantidad	Descripción	Materiales
1	Carcasa protectora 01	Acero al carbono
1	Carcasa protectora 02	Acero al carbono
1	Tapa de la tuerca selectora	Acero al carbono
1	Pin guía	Acero al carbono
1	Tuerca del pin guía	Acero al carbono
4	Tornillo Allen avellanado M6 x 16	Acero al carbono (pavonado)
4	Tornillo Allen M6 x 25	Acero al carbono (pavonado)
1	Tuerca selectora	Acero al carbono
1	Tornillo selector	Acero al carbono
4	Palanca	Acero al carbono
1	Resorte del pin guía	Acero al carbono

10

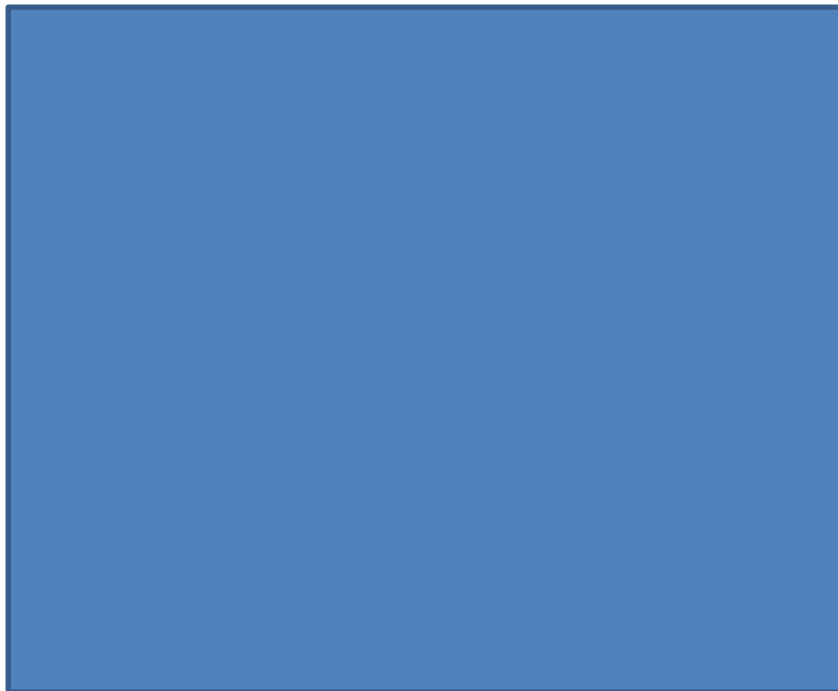
Figura 58: Despiece y lista de componentes del sistema de selección de carga. Fuente: propia

Item	Cantidad	Descripción
1	1	Plataforma
2	2	Chumacera redonda FYC 25 TF
3	8	Arandela de presión NF E 25-525 V
4	8	Tornillo Allen cabeza redonda M10
5	8	Arandela ISO 7089 M10
6	8	Tuerca ISO 4032 M10
7	2	Buje pivote
8	2	Anillo del buje pivote



Figura 59: Despiece y lista de componentes de la plataforma de empuje. Fuente: propia

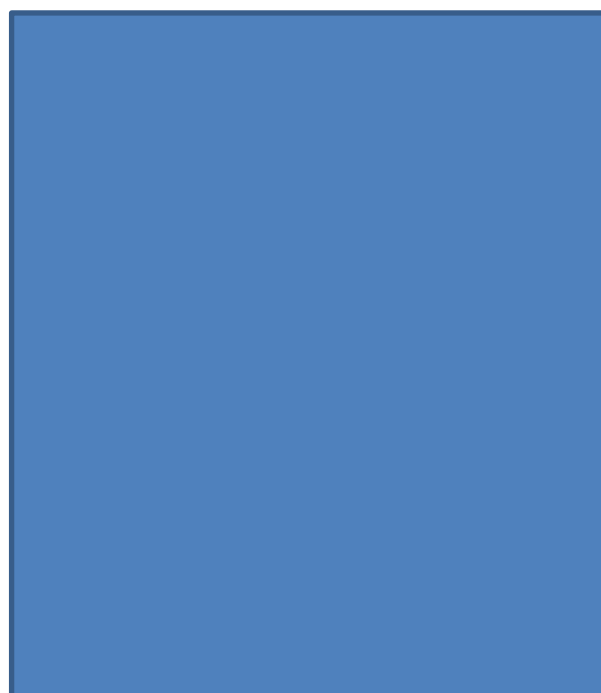
Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo



Descripción	Materiales		
YC 25 TF	Varios		
	Goma		
	(Subensamblaje)		
F E 25-525 W10	Acero al carbono		
Redonda M10 x 90	Acero al carbono (pavonado)		
0	Acero al carbono		
	Acero al carbono		
	Latón		
	Latón		
	(Subensamblaje)		
o M6 x 20	Acero al carbono (pavonado)		
	(Subensamblaje)		
	Acero al carbono		
o M6 x 25	Acero al carbono (pavonado)		
15	1	Mecanismo de apoyo para hombros 01	(Subensamblaje)
16	2	Tomillo Allen M8 x 16	Acero al carbono
17	1	Mecanismo de apoyo para hombros 02	(Subensamblaje)

Figura 60: Despiece y lista de componentes del bastidor principal. Fuente: propia

El sistema del respaldar está diseñado para brindarle mayor comodidad al usuario. Sin embargo, es sabido que este mecanismo incrementa el costo del equipo. Para minimizar este impacto, se ofrece una versión donde se sustituye todo el mecanismo de almohadillas independientes por una sola pieza fabricada en polipropileno (no mostrado).

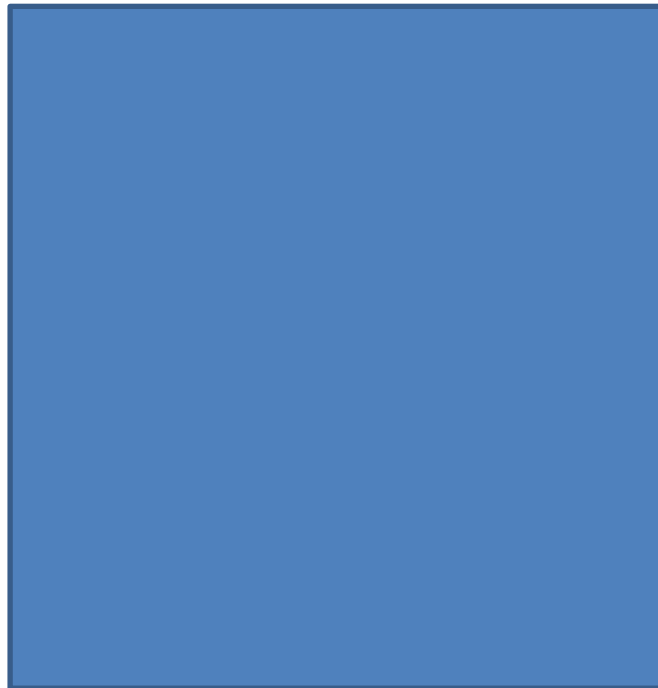


Descripción	Materiales
	Acero al carbono
	Acero al carbono
	Acero al carbono
	Polipropileno
x 25	Acero al carbono (pavonado)
	Acero al carbono A228

Figura 61: Despiece y lista de componentes del sistema del respaldar. Fuente: propia

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

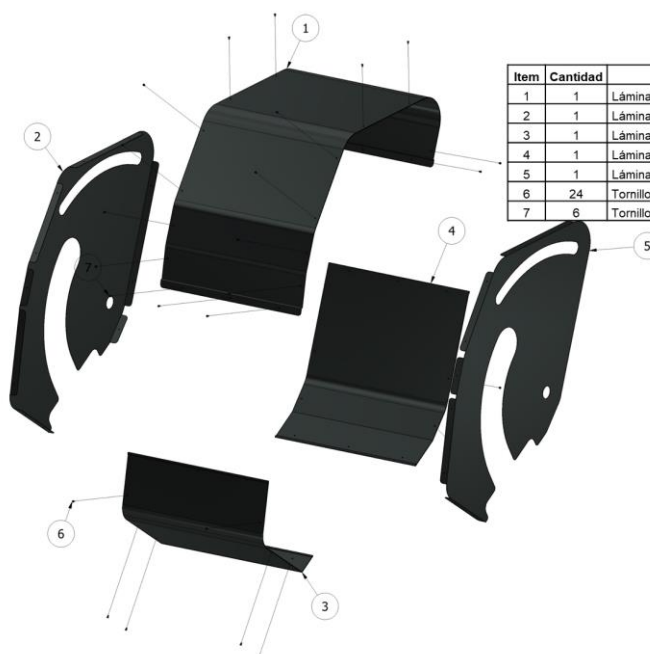
El mecanismo de apoyo sobre los hombros también presenta una versión más económica, donde se simplifica el sistema de resortes y se fija la almohadilla de polipropileno directo a la pletina de acero (no mostrado).



Descripción	Materiales
soyo	Acero al carbono
	Acero al carbono
02	Polipropileno
avellanado M6 x 25	Acero al carbono (pavonado)
	Acero al carbono
ada	Acero al carbono
presión NF E 25-516-WZ8	Acero al carbono
27-453 M8	Acero al carbono
cabeza redonda M8 x 30	Acero al carbono (pavonado)
compresión 02	Acero al carbono A228

9

Figura 62: Despiece y lista de componentes del mecanismo de apoyo para hombros. Fuente: propia



Item	Cantidad	Descripción	Materiales
1	1	Lámina protectora 01	Acero al carbono
2	1	Lámina lateral protectora 01	Acero al carbono
3	1	Lámina protectora 02	Acero al carbono
4	1	Lámina protectora 03	Acero al carbono
5	1	Lámina lateral protectora 02	Acero al carbono
6	24	Tornillo Allen cabeza redonda M3 x 6	Acero al carbono (pavonado)
7	6	Tornillo Allen cabeza redonda M3 x 8	Acero al carbono (pavonado)

Figura 63: Despiece y lista de componentes de la carcasa de protección de la carga. Fuente: propia

Basado en las listas de despieces realizados para los diferentes ensamblajes y subensamblajes que conforman el equipo, se describen de manera similar al equipo

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

presentado previamente, una serie de tablas donde se especifica: el material base, los procesos de fabricación, las máquinas involucradas y una imagen adicional de cada elemento que pertenecen al mismo. Los componentes que se repiten en los diferentes subensamblajes solo serán mostrados en una sola vez. Las tablas están listadas en el mismo orden que se presentaron los despieces en las figuras previas, y la numeración de los ítems (componentes) son los mismos. Sin embargo, para más detalle se recomienda revisar los planos en los anexos del presente documento.

Tabla 14: Procesos de fabricación del equipo tren inferior. Fuente: propia











Item	Material Base	Procesos de fabricación	Máquinas	Imagen
2	Tubo estructural rectangular 96 x 48 mm. Lámina de 1/4" de 2 mts x 1 mts	Cortado por segueta Cortado por plasma Doblado Mecanizado por fresadora Limado de la rebarba Taladrado Soldadura por arco eléctrico	Segueta mecánica Dobladora de láminas Lima manual Taladro de banco Fresadora Máquina de Soldar por arco eléctrico Cortadora por plasma	
4	Barra de acero de diámetro 1 1/2"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado	Lima manual Torno	
5	Barra de acero de diámetro 1 1/2"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado	Lima manual Torno	
6	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
9	No aplica*	No aplica*	No aplica*	












Tabla 15: Procesos de fabricación del sistema de carga. Fuente: propia

Item	Material Base	Procesos de fabricación	Máquinas	Imagen
1	Tubo estructural rectangular 96 x 48 mm. Lámina de 3/8" de 2 mts x 1 mts Tubo mecánico de diámetro de 60 mm Tubo mecánico de diámetro de 110 mm	Cortado por segueta Cortado por plasma Doblado Mecanizado por fresadora Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado Soldadura por arco eléctrico	Segueta mecánica Dobladora de láminas Lima manual Taladro de banco Fresadora Torno Máquina de Soldar por arco eléctrico Cortadora por plasma	
2	Barra de acero de diámetro 2 1/2"	Cortado por segueta Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Segueta mecánica Lima manual Torno	
4	Lámina de 1 1/4" de 2 mts x 1 mts	Cortado por plasma Mecanizado por torno Mecanizado por fresadora Limado de la rebarba	Lima manual Torno Fresadora	
5	Lámina de 1 1/4" de 2 mts x 1 mts	Cortado por plasma Mecanizado por torno Mecanizado por fresadora Limado de la rebarba	Lima manual Torno Fresadora	
6	No aplica*	No aplica*	No aplica*	

\* Las piezas estándar como tornillos y tuercas se compran bajo pedido, por este motivo no se incluyen los procesos de fabricación de estos elementos

Máster		Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos		Apellidos: Clavijo Vargas
		Nombre: Andrés Gerardo

Tabla 16: Procesos de fabricación del mecanismo de carga. Fuente: propia

Item	Material Base	Procesos de fabricación	Máquinas	Imagen
1	Barra de acero de diámetro 4 1/2"	Cortado por segueta Mecanizado por fresadora Mecanizado por torno Limado de la rebarba Corte por electroerosión por hilo Taladrado	Segueta mecánica Lima manual Fresadora Torno Electroerosionadora por hilo	
2	Barra de acero de diámetro 4 1/2"	Cortado por segueta Mecanizado por fresadora Mecanizado por torno Limado de la rebarba Corte por electroerosión por hilo Taladrado	Segueta mecánica Lima manual Fresadora Torno Electroerosionadora por hilo	
3	Lámina de 1/4" de 2 mts x 1 mts	Corte por plasma Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado	Cortadora por plasma Lima manual Torno Fresadora	
4	Barra de acero de diámetro 3/8"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Lima manual Torno	
5	Barra de acero de diámetro 3/4"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Lima manual Torno	
6	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
7	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
8	Barra de acero de diámetro 4 1/2"	Cortado por segueta Mecanizado por torno Mecanizado por fresadora Limado de la rebarba	Segueta mecánica Lima manual Torno Fresadora	
9	Barra de acero de diámetro 2"	Cortado por segueta Mecanizado por torno Mecanizado por fresadora Limado de la rebarba	Segueta mecánica Lima manual Torno Fresadora	
10	Barra de acero de diámetro 3/8" Barra de acero de diámetro 3/4"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba Doblado	Lima manual Torno Dobladora de 3 puntos	
11	No aplica*	No aplica*	No aplica*	

\* Las piezas estándar como tornillos y tuercas se compran bajo pedido, por este motivo no se incluyen los procesos de fabricación de estos elementos



Máster		Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos		Apellidos: Clavijo Vargas
		Nombre: Andrés Gerardo

Tabla 17: Procesos de fabricación de la plataforma de empuje. Fuente: propia














Item	Material Base	Procesos de fabricación	Máquinas	Imagen
1	Tubo estructural rectangular 150 x 50 mm. Barra de acero de diámetro 1" Lámina de 1/4" de 2 mts x 1 mts	Cortado por segueta Cortado por plasma Doblado Mecanizado por fresadora Limado de la rebarba Taladrado Soldadura por arco eléctrico	Segueta mecánica Dobladora de láminas Lima manual Fresadora Máquina de Soldar por arco eléctrico Cortadora por plasma	
2	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
3	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
4	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
5	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
6	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
7	Barra de latón de diámetro 2 1/2"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Lima manual Torno	
8	Barra de latón de diámetro 2 1/2"	Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Lima manual Torno	

Tabla 18: Procesos de fabricación del bastidor principal. Fuente: propia

Item	Material Base	Procesos de fabricación	Máquinas	Imagen
2	No aplica**	No aplica**	No aplica**	
11	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
13	No aplica*	No aplica*	No aplica*	
14	Tubo estructural rectangular 150 x 50 mm. Tubo estructural rectangular 96 x 48 mm. Barra de acero de diámetro 1" Barra de acero de diámetro 3/4" Lámina de 1/4" de 2 mts x 1 mts Tubo mecánico de diámetro 2" Lámina de 3/8" de 2 mts x 1 mts	Cortado por segueta Cortado por plasma Doblado Mecanizado por fresadora Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado Soldadura por arco eléctrico	Segueta mecánica Dobladora de 3 puntos Lima manual Taladro de banco Fresadora Torno Máquina de Soldar por arco eléctrico Cortadora por plasma	
16	No aplica*	No aplica*	No aplica*	

\* Las piezas estándar como tornillos y tuercas se compran bajo pedido, por este motivo no se incluyen los procesos de fabricación de estos elementos

\*\* Elementos específicos de caucho y polipropileno se compran bajo pedido, por este motivo no se incluyen los procesos de fabricación de estos elementos. Fuente: <https://universaldecauchos.com/fabricamos/>

Máster		Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos		Apellidos: Clavijo Vargas
		Nombre: Andrés Gerardo

Tabla 19: Procesos de fabricación del sistema del respaldar. Fuente: propia






Item	Material Base	Procesos de fabricación	Máquinas	Imagen
1	Barra de acero de diámetro 3/4" Barra de acero de diámetro 1 1/2" Lámina de 3/8" de 2 mts x 1 mts	Cortado por segueta Mecanizado por fresadora Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado Soldadura por arco eléctrico	Segueta mecánica Lima manual Fresadora Torno Máquina de Soldar por arco eléctrico	
2	Pletina de 3/16" x 1 1/2" Barra de acero de diámetro 1 1/2"	Cortado por segueta Mecanizado por fresadora Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado Soldadura por arco eléctrico	Segueta mecánica Lima manual Fresadora Torno Máquina de Soldar por arco eléctrico	
3	Barra de acero de diámetro 1"	Cortado por segueta Mecanizado por fresadora Mecanizado por torno Limado de la rebarba	Segueta mecánica Lima manual Fresadora Torno	
4	No aplica**	No aplica**	No aplica**	
6	No aplica*	No aplica*	No aplica*	

Tabla 20: Procesos de fabricación del mecanismo para hombros. Fuente: propia



Item	Material Base	Procesos de fabricación	Máquinas	Imagen
1	Barra de acero de diámetro 1" Barra de acero de diámetro 1 1/2" Lámina de 1/4" de 2 mts x 1 mts	Cortado por segueta Cortado por plasma Doblado Mecanizado por fresadora Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado Soldadura por arco eléctrico	Segueta mecánica Dobladora de 3 puntos Lima manual Fresadora Torno Máquina de Soldar por arco eléctrico Cortadora por plasma	
3	No aplica**	No aplica**	No aplica**	
5	Barra de acero de diámetro 1" Lámina de 3/8" de 2 mts x 1 mts	Cortado por plasma Mecanizado por fresadora Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado Soldadura por arco eléctrico	Cortadora por plasma Lima manual Fresadora Torno Máquina de Soldar por arco eléctrico	
6	Barra de acero de diámetro 3/4" Barra de acero cuadrada de 1"	Cortado por segueta Mecanizado por fresadora Mecanizado por torno Limado de la rebarba Taladrado Soldadura por arco eléctrico	Segueta mecánica Lima manual Fresadora Torno Máquina de Soldar por arco eléctrico	
8	No aplica*	No aplica*	No aplica*	

\* Las piezas estándar como tornillos y tuercas se compran bajo pedido, por este motivo no se incluyen los procesos de fabricación de estos elementos

\*\* Elementos específicos de caucho y polipropileno se compran bajo pedido, por este motivo no se incluyen los procesos de fabricación de estos elementos. Fuente: <https://universaldecauchos.com/fabricamos/>

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

Tabla 21: Procesos de fabricación de la carcasa de protección. Fuente: propia

Item	Material Base	Procesos de fabricación	Máquinas	Imagen
1	Lámina de calibre 1/16" de 2 mts x 1 mts	Cortado por plasma Doblado Limado de la rebarba Taladrado	Dobladora de láminas Lima manual Taladro de banco Cortadora por plasma	
2	Lámina de calibre 1/16" de 2 mts x 1 mts	Cortado por plasma Doblado Limado de la rebarba Taladrado	Dobladora de láminas Lima manual Taladro de banco Cortadora por plasma	
3	Lámina de calibre 1/16" de 2 mts x 1 mts	Cortado por plasma Doblado Limado de la rebarba Taladrado	Dobladora de láminas Lima manual Taladro de banco Cortadora por plasma	
4	Lámina de calibre 1/16" de 2 mts x 1 mts	Cortado por plasma Doblado Limado de la rebarba Taladrado	Dobladora de láminas Lima manual Taladro de banco Cortadora por plasma	
5	Lámina de calibre 1/16" de 2 mts x 1 mts	Cortado por plasma Doblado Limado de la rebarba Taladrado	Dobladora de láminas Lima manual Taladro de banco Cortadora por plasma	
6	No aplica*	No aplica*	No aplica*	

Una vez estimados los materiales en función de los componentes y procesos de fabricación respectivos para los prototipos, se realiza una lista basada en todos los componentes y una lista de elementos que serán adquiridos bajo pedido. Las tablas a continuación, presentan en resumen los materiales para los dos equipos en conjunto.

Tabla 22: Lista de materiales utilizados en los dos equipos. Fuente: propia

Lista de materiales	Longitud	Unidades	Material
Barra de acero cuadrada de 1"	296	mm	Acero al carbono
Barra de acero cuadrada de 7/8"	190	mm	Acero al carbono
Barra de acero de diámetro 1 1/2"	865	mm	Acero al carbono
Barra de acero de diámetro 1"	10761	mm	Acero al carbono
Barra de acero de diámetro 2 1/2"	320	mm	Acero al carbono
Barra de acero de diámetro 2"	400	mm	Acero al carbono
Barra de acero de diámetro 3/4"	4278	mm	Acero al carbono
Barra de acero de diámetro 3/8"	1400	mm	Acero al carbono
Barra de acero de diámetro 4 1/2"	600	mm	Acero al carbono
Lámina de 1 1/4" de 2 mts x 1 mts	1	Uni	Acero al carbono
Lámina de 1/4" de 2 mts x 1 mts	1	Uni	Acero al carbono
Lámina de 3/8" de 2 mts x 1 mts	1	Uni	Acero al carbono
Lámina de calibre 1/16" de 2 mts x 1 mts	2	Uni	Acero al carbono
Pletina de 3/16" x 1 1/2"	1702	mm	Acero al carbono
Pletina de 3/16" x 2"	368	mm	Acero al carbono
Pletina de 3/16" x 3"	368	mm	Acero al carbono
Pletina de 9/16" x 2"	612	mm	Acero al carbono
Tubo estructural cuadrado 25 mm.	1410	mm	Acero al carbono
Tubo estructural Oval 120 x 50 mm.	11478	mm	Acero al carbono
Tubo estructural rectangular 150 x 50 mm.	10250	mm	Acero al carbono
Tubo estructural rectangular 96 x 48 mm.	1950	mm	Acero al carbono
Tubo mecánico de diámetro 2" (dia interno menor 26 mm)	690	mm	Acero al carbono
Tubo mecánico de diámetro 2" (dia interno menor 44 mm)	1500	mm	Acero al carbono
Tubo mecánico de diámetro de 110 mm (dia interno menor a 72 mm)	220	mm	Acero al carbono
Tubo mecánico de diámetro de 60 mm (dia interno menor a 55 mm)	1016	mm	Acero al carbono
Barra de latón de diámetro 1 1/2"	224	mm	Latón
Barra de latón de diámetro 2 1/2"	284	mm	Latón
Barra de Nylon de diámetro 3/4"	332	mm	Nylon

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

Tabla 23: Lista de componentes bajo pedido. Fuente: Propia

Componente	Unidades
Arandela de presión NF E 25-516 WZ8	8
Arandela de presión NF E 25-525 W 10	16
Arandela ISO 7089 M10	16
Arandela ISO 7089 M8	4
Chumacera redonda FYC 25 TF	4
Rueda industrial 2781T97 PP	2
Tornillo Allen Avellanado M6 x 12	16
Tornillo Allen Avellanado M6 x 16	8
Tornillo Allen Avellanado M6 x 20	20
Tornillo Allen Avellanado M6 x 25	26
Tornillo Allen Avellanado M8 x 150	8
Tornillo Allen cabeza redonda M10 x 90	16
Tornillo Allen cabeza redonda M3 x 6	24
Tornillo Allen cabeza redonda M3 x 70	6
Tornillo Allen cabeza redonda M3 x 8	6
Tornillo Allen cabeza redonda M8 x 30	8
Tornillo Allen de precisión 07534-20 x 60	2
Tornillo Allen M6 x 25	8
Tornillo Allen M8 x 16	2
Tornillo Allen M8 x 70	4
Tuerca ISO 4032 M10	16
Tuerca ISO 4161 M8	4
Tuerca NF E 27-453 M8 (sombbrero)	8
Bloque de polipropileno 200 x 120 x 70 mm	2
Bloque de polipropileno 260 x 120 x 70 mm	5
Bloque de polipropileno 300 x 250 x 75 mm	1
Bloque de caucho 120 x 70 x 30 mm	4
Tubo de polipropileno de diámetro 1 1/4" (dia interno 1") x 170 mm	10
Tapa de polipropileno de diámetro 1 1/4" (dia interno 1") x 25 mm	10

### **Recubrimientos contra la corrosión**

Para evitar la corrosión de todos los elementos mecánicos fabricados en acero al carbono, se recomienda un sistema alquídico, especial para ambientes de agresividad intermedia con resistencia al ataque mecánico, intemperie, entre otros. Para ello es necesaria la limpieza manual y mecánica de las piezas de acuerdo a las normas SSPC-SP2, para luego aplicar el recubrimiento base (imprimante alquídico - serie 11) y después el de acabado (esmalte alquídico – serie 31) (Sika Colombia S.A., 2015).

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

### Maquinaria recomendada

A continuación, se muestra una lista de los equipos que se pretenden utilizar para la fabricación de todos los componentes:

Tabla 24: Listado de maquinaria recomendada para la fabricación. Fuente: varios

Máquina	Descripción	Fuente	Imagen
Segueta mecánica	Se utiliza para el corte de material de diferentes secciones y tubos entre 250-300 mm de diámetro. Se realiza a través de una hoja de segueta de poco grosor que retira poco material en forma de viruta.	<a href="https://bit.ly/36oNt0Z">https://bit.ly/36oNt0Z</a>	
Lima manual	Se usa para el desbaste y acabado de piezas metálicas, madera y en menor medida, plásticas. Es una herramienta con muchos modelos distintos que permiten realizar el desbaste de metales en general mientras su dureza no sea excesiva.	<a href="https://bit.ly/2WVwRur">https://bit.ly/2WVwRur</a>	
Dobladora de 3 puntos	Está compuesta por tres rodillos que se pueden intercambiar dependiendo del tipo de perfil que se desee curvar. Dos de los rodillos están fijos y un tercero ejerce una fuerza a través de un tornillo generando la curvatura.	<a href="https://bit.ly/2WYbuZg">https://bit.ly/2WYbuZg</a>	
Taladro de Banco	Se utiliza para la generación de orificios en cualquier tipo de material. Es de manejo sencillo y se suele utilizar una prensa para fijar las piezas que se desean perforar.	<a href="https://amzn.to/2TxZ2O8">https://amzn.to/2TxZ2O8</a>	
Torno	La pieza se sujeta en un cabezal que gira mientras una herramienta de corte se acerca cortando material contra la superficie de la pieza. Se utiliza para refrentar, cilindrar, roscar, cortar, agujerear, desbastar y ranurar geometrías en revolución.	<a href="https://bit.ly/3dVBYkr">https://bit.ly/3dVBYkr</a>	
Fresadora	Se utiliza una herramienta de varios filos de corte denominada fresa que rota acoplada al cabezal de la máquina, mientras la pieza se mantiene fija en la bancada permitiendo realizar trabajos de mecanizado por arranque de viruta, como planos, perforaciones, etc.	<a href="https://bit.ly/2WZnHNQ">https://bit.ly/2WZnHNQ</a>	
Máquina de soldar por arco eléctrico	Se utiliza la fusión de un metal a través del calor producido por una temperatura elevada e intensidad de corriente eléctrica determinada. Esto produce que tanto el material base como el de aporte que se deposita conformen la soldadura.	<a href="https://bit.ly/2B4wHs8">https://bit.ly/2B4wHs8</a>	
Dobladora de láminas	Permite doblar una lámina aplicando una fuerza central superior (generalmente hidráulica) mientras la chapa se apoya sobre dos extremos. Como consecuencia la lámina que está en medio a estos 3 puntos de fuerza se doblará.	<a href="https://bit.ly/2MVVM1">https://bit.ly/2MVVM1</a>	
Cortadora por plasma	A través de un chorro de gas calentado, aprovechando la acción térmica y mecánica, penetra la pieza y realice el corte fundiendo y expulsando el material.	<a href="https://bit.ly/37lqj2G">https://bit.ly/37lqj2G</a>	
Electroerosionadora por hilo	Consiste en el corte de metal a través de un hilo de aleaciones de cobre por medio de un proceso de electroerosión.	<a href="https://bit.ly/3eThdq9">https://bit.ly/3eThdq9</a>	

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

### Proceso de fabricación en serie

Una vez definidos los procesos de fabricación individuales para cada componente diseñado en el caso de un prototipo único. Se procede a hacer una evaluación de los mismos para la planificación del proceso productivo completo. En la Figura 64 se muestra un diagrama de flujo del posible proceso de producción en serie. El material se subdivide en: materia prima, consumibles, componentes normalizados y otros componentes. Los dos primeros serán producidos en planta a través de 3 líneas de producción tentativas. El tercero corresponde a tornillos, arandelas, chumaceras, etc., mientras que el último corresponde a piezas que serán compradas a terceros como las almohadillas y asientos de polipropileno, también entra en esta categoría los discos de carga que se esperan producir por fundición.

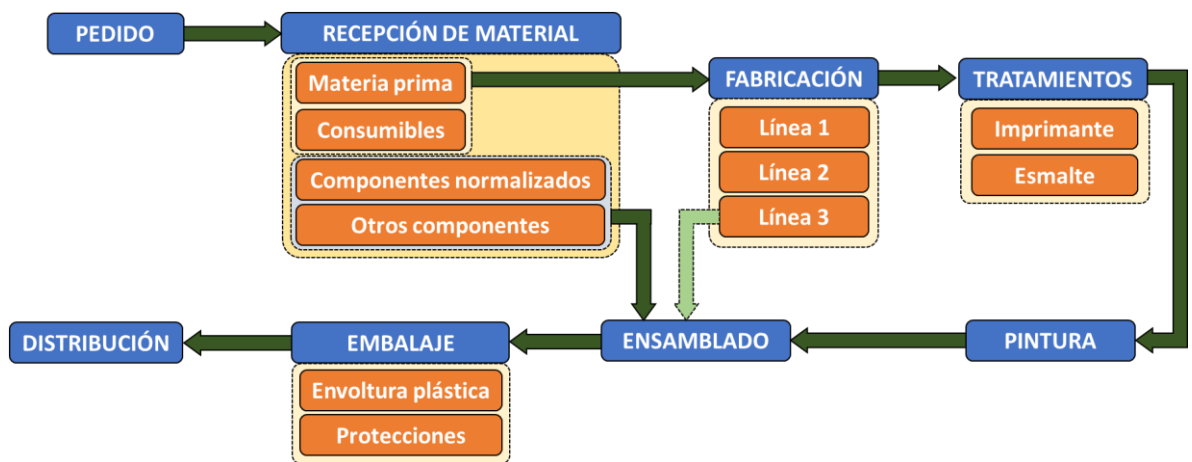


Figura 64: Proceso tentativo de producción en serie. Fuente: propia

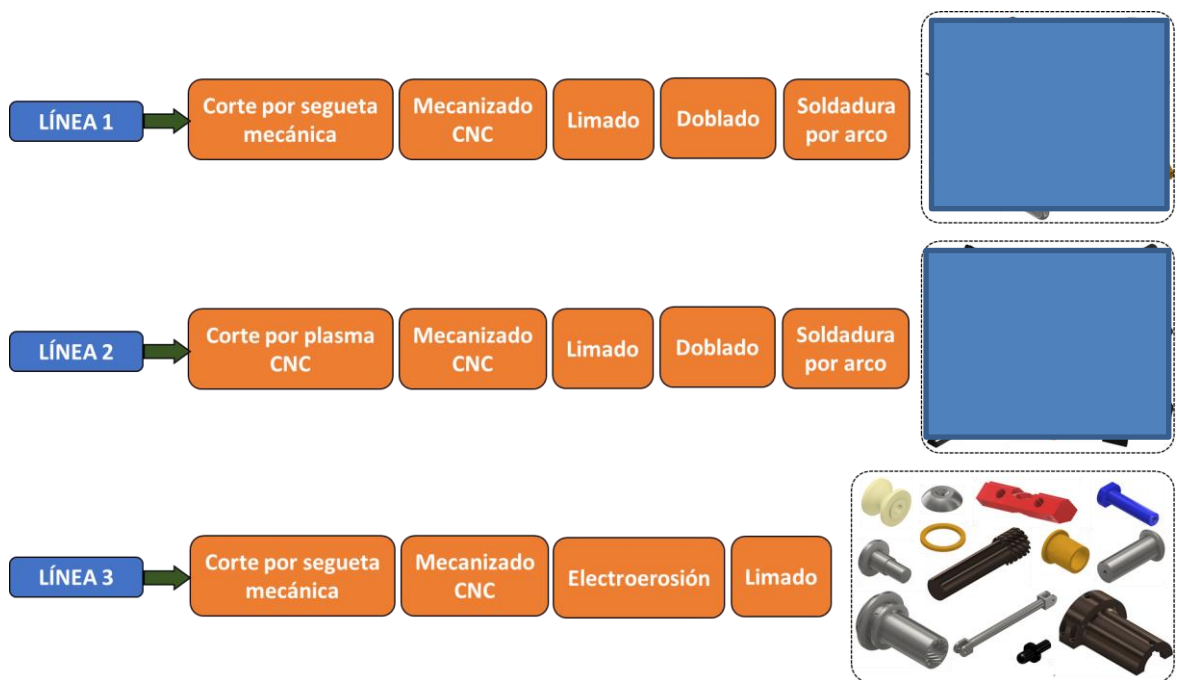


Figura 65: Líneas de producción para el proceso de fabricación en serie. Fuente: propia

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

Dentro del proceso de fabricación se definen tres líneas de producción: la primera y segunda línea son similares, pero difieren en el proceso de preparación del material e involucra todos aquellos componentes que necesitan ser doblados y soldados. La tercera es para piezas netamente producidas por mecanizado, proceso que para este caso se sustituye el convencional por el uso de CNC o en su defecto, para el caso del torno, uso de tornos revolver (Ver Figura 65).

## 4.4 Pliego y Evaluación

### 4.4.1 Objeto

En una importante cantidad de parques a nivel nacional y en especial en las grandes ciudades, se han hecho instalaciones de equipos para fomentar el entrenamiento al aire libre, con la finalidad de impulsar la tendencia hacia la vida sana y saludable.

Existen diversos equipos instalados donde los más comunes son aquellos en los que las máquinas poseen casi una nula carga o resistencia, por lo que suelen ser usados por usuarios sedentarios y/o principiantes. En algunos sitios se han incluido otros equipos con diferentes mecanismos que permiten el incremento de la carga y resistencia, pero aun así se presentan ciertas deficiencias en su diseño.

La solución que se propone es el diseño de dos equipos que cubran los grupos musculares más importantes del cuerpo, tanto en el tren superior, como el inferior. Por esta razón, se dividen en dos máquinas adaptables. Una de ellas se utiliza para trabajar el tren superior en especial los músculos de la espalda y bíceps, así como los del pecho y tríceps. En esta el trabajo de resistencia se debe principalmente al uso del peso corporal. La otra se encarga de trabajar las piernas, en específico los cuádriceps y los isquiotibiales. Para ésta se usan pesos graduables que permiten ir ajustando la carga a medida que el usuario progresa. Para ello, el equipo está compuesto por diferentes componentes fabricados en acero estructural y algunos otros en polipropileno que serán los sustitutos de las almohadillas en las máquinas de gimnasio.

### 4.4.2 Justificación

Este proyecto busca responder la siguiente pregunta: ¿Existe una manera de realizar un entrenamiento de fuerza con máquinas en un parque de la misma forma que se hace en un gimnasio? Existen desarrollos e iniciativas a nivel nacional que promueven la recreación a través de máquinas sencillas y con baja resistencia para todo tipo de usuario. Hay algunos diseños que han explorado el incremento en las cargas, pero no igualan el rendimiento de los

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

equipos de un gimnasio tradicional, mucho menos las grandes cadenas que cuentan con infinidad de máquinas en sus recintos.

Por estos motivos, se busca poder entrar y competir en un nicho de mercado explorado, pero no explotado en su plenitud, y a su vez complementar los desarrollos e iniciativas existentes, promoviendo un entrenamiento integral de fuerza enfocado en los grupos musculares principales que permita a cualquier persona ejercitarse utilizando cargas que incentiven la hipertrofia muscular.

De esta manera, se presenta el diseño de un grupo de máquinas especializadas para ser ubicadas y utilizadas en parques públicos garantizando la accesibilidad para todos. Además, se plantea un producto que cubra no solo su funcionalidad, sino necesidades como: durabilidad de materiales a la intemperie, diseños robustos frente a posibles vandalismos, aspectos medioambientales, así como la seguridad para cualquier tipo de usuario, en especial niños y adolescentes.

#### 4.4.3 Objetivos

Ver Capítulo 3

#### 4.4.4 Innovación y relevancia

Esta parte está planteada y desarrollada al final de las conclusiones de la revisión del estado del arte. Sin embargo, se recapitula que se pretende el desarrollo de equipos para ejercicios que permitan:

- Trabajar grupos musculares principales minimizando la copia de equipos tradicionales.
- Definir una estética o forma del equipo sin quitarle preponderancia a la función.
- Costos de producción lo más bajo posibles.
- Utilizar sistemas alternativos para regular y graduar la carga y resistencia.

#### 4.4.5 Planificación del Proyecto

En el Apartado 4.1 se realiza el desglose de todas las actividades y se presenta a través de un diagrama PERT/CPM los tiempos estimados para el desarrollo del proyecto. Por último, se presenta un diagrama de Gantt donde se muestra en barras en rojo la ruta crítica del proyecto.

#### 4.4.6 Descripción de los procesos y componentes

Ver Apartado 4.3.3



Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

#### 4.4.7 Planos y bocetos

Ver Anexos

#### 4.4.8 Plan de viabilidad Económica

Para establecer los costos implícitos en el desarrollo del equipo se parte de la lista de componentes y se evalúa el costo de material aproximado de acuerdo al precio de acero por kilogramo de material en el país, de la misma manera se calcula para el latón y se listan los resultados en la tabla siguiente:

Tabla 25: Costos estimados de materiales. Fuente: propia

Lista de materiales	Longitud	Unidades	Material	Peso (kg)	Costo (COP)
Barra de acero cuadrada de 1"	296	mm	Acero	1,50	5996
Barra de acero cuadrada de 7/8"	190	mm	Acero	0,74	2947
Barra de acero de diámetro 1 1/2"	865	mm	Acero	7,74	30966
Barra de acero de diámetro 1"	10761	mm	Acero	42,80	171214
Barra de acero de diámetro 2 1/2"	320	mm	Acero	7,96	31821
Barra de acero de diámetro 2"	400	mm	Acero	6,36	25457
Barra de acero de diámetro 3/4"	4278	mm	Acero	9,57	38287
Barra de acero de diámetro 3/8"	1400	mm	Acero	0,78	3132
Barra de acero de diámetro 4 1/2"	600	mm	Acero	48,33	193314
Lámina de 1 1/4" de 2 mts x 1 mts	1	Uni	Acero	498,48	1993900
Lámina de 1/4" de 2 mts x 1 mts	1	Uni	Acero	99,70	398780
Lámina de 3/8" de 2 mts x 1 mts	1	Uni	Acero	149,54	598170
Lámina de calibre 1/16" de 2 mts x 1 mts	2	Uni	Acero	49,85	199390
Pletina de 3/16" x 1 1/2"	1702	mm	Acero	2,42	9697
Pletina de 3/16" x 2"	368	mm	Acero	0,70	2796
Pletina de 3/16" x 3"	368	mm	Acero	1,05	4193
Pletina de 9/16" x 2"	612	mm	Acero	3,49	13948
Tubo estructural cuadrado 25 mm.	6000	mm	Acero	8,29	33158
Tubo estructural rectangular 150 x 50 mm.	12000	mm	Acero	85,25	341004
Tubo estructural rectangular 96 x 48 mm.	6000	mm	Acero	30,05	120199
Tubo estructural Oval 120 x 50 mm.	12000	mm	Acero	48,01	194429
Tubo mecánico de diámetro 2" (dia interno 26 mm)	690	mm	Acero	8,10	32410
Tubo mecánico de diámetro 2" (dia interno 44 mm)	1500	mm	Acero	5,96	23847
Tubo mecánico de diámetro de 110 mm (dia interno 72 mm)	220	mm	Acero	10,69	42756
Tubo mecánico de diámetro de 60 mm (dia interno 55 mm)	1016	mm	Acero	6,31	25238
Barra de latón de diámetro 1 1/2"	224	mm	Latón	2,16	64892
Barra de latón de diámetro 2 1/2"	284	mm	Latón	7,62	228539
<b>Costo total (COP)</b>					<b>4830481</b>

Aunque estos valores representan un costo estimado en materiales para los dos equipos, el costo desgregado para cada uno de ellos es de COP 475.477 para el del tren superior y de COP 4.355.004 para el inferior. La diferencia tan marcada entre los mismos se debe a que la máquina para el trabajo de piernas es un equipo mucho más complejo con más componentes y para que sea exigente, los ejercicios con el peso corporal no son suficientes, por lo que se necesita peso adicional. En costo de materiales, esa carga adicional representa casi 2 millones de COP, básicamente la mitad del valor sin incluir los procesos de fabricación.

Por otro lado, un aproximado de los costos de fabricación asociados a los materiales es de alrededor de 2 veces, esto implica que fabricar un prototipo de las dos máquinas estaría alrededor de 15 a 16 millones de COP, incluyendo los costos de los componentes poliméricos y estándar. Estos estimados se obtuvieron realizando consultas a ingenieros y docentes del

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

área de manufactura considerando que ha sido difícil el acceso a cotizaciones por el problema mundial actual. Si se lleva ese valor a moneda extranjera es de aproximadamente \$4500 (€3900). Es de esperar que los valores de fabricación disminuyan al momento de una producción en serie. Sin embargo, para efecto de los estimados en el siguiente estudio, se mantienen y son la base de todos los cálculos.

A partir de esta información se fijan los siguientes precios de venta para cada una de las máquinas: máquina de tren superior COP 2.000.000 y máquina de tren inferior COP 16.000.000.

Basado en los estimados mencionados previamente, los costos de materiales y fabricación para los dos equipos se definen como se muestra en la Tabla 26.

*Tabla 26: Costos de fabricación aproximado (COP) por máquina y por línea de producción. Fuente: propia*

Contratistas	Costo de fabricación por el Tren superior	Costo de fabricación por el Tren inferior
Línea 1	540.000	5.400.000
Línea 2	360.000	3.600.000
Línea 3	180.000	1.800.000
Recubrimiento	6.000	30.000
Pintura	3.000	15.000
<b>Costos totales aproximados</b>	<b>1.084.500</b>	<b>10.822.500</b>
<b>% de Costo</b>	<b>54%</b>	<b>68%</b>

Con esta información, se establecen dos posibles escenarios para determinar el número de máquinas mínimo que hay que vender para hacer rentable el negocio desde el punto de vista de proyecto y desde el punto de vista de la conformación de una empresa. En los dos casos se define como un tiempo razonable de producción desde la compra de materiales hasta el ensamblaje y embalaje de los equipos un tiempo de 4 meses, debido a que se parte del hecho de que las líneas 1, 2 y 3 están fabricando piezas en paralelo y las cuales son subcontratadas haciendo innecesario la compra de equipos como fresadoras o tornos. Para los dos casos, es suficiente solo la compra de herramientas para el ensamblaje de los mismos.

El tiempo estimado de fabricación de cuatro meses difiere de la planificación realizada en capítulos previos, por lo que, para el momento de la realización de esas actividades, no se tenía una idea clara de los equipos a fabricar ni del número de componentes.

Por otro lado, es importante establecer que este proyecto presenta dos tipos de clientes:

- El usuario final o grupo objetivo: bajo el cual está definido el diseño de los equipos.
- El comprador de los equipos: de acuerdo el tipo de negocio y aplicación, suelen ser los gobiernos regionales y/o central. También entran en esta categoría las grandes constructoras de urbanizaciones presentes en el país que pueden decidir adquirir estos equipos para los conjuntos residenciales que desarrollen. Por último, algunas Universidades pueden estar interesados para usarlos en sus campus.

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

### Estudio económico por proyecto

El presente escenario consiste en la contratación por proyecto, es decir, se contrata la fabricación de un grupo de máquinas y, a partir de allí, se hacen las respectivas subcontrataciones para la fabricación, ensamblaje y distribución. Para ello se desarrolla la Tabla 27 cuyo insumo fundamental es el número de máquinas que se pretenden negociar en el proyecto. La idea es establecer el número mínimo de equipos para que el negocio sea rentable. Se realizan diferentes iteraciones y se define que, con 13 máquinas para el tren superior y 11 máquinas para el inferior, es suficiente para no caer en pérdida.

Tabla 27: Estado de ganancias y pérdidas mínimas por proyecto. Fuente: propia

	ene-21	Feb-21	Mar-21	Apr-21	CIERRE	FINAL
<b>Ingresos</b>						
Saldo Inicial	0	45.147.000	28.936.500	12.726.000	-6.484.500	
Venta (COP)	101.000.000	25.250.000	25.250.000	25.250.000	25.250.000	202.000.000
<b>Total de Ingresos (Ventas)</b>	<b>101.000.000</b>	<b>70.397.000</b>	<b>54.186.500</b>	<b>37.976.000</b>	<b>18.765.500</b>	<b>202.000.000</b>
<b>Costo</b>						
Línea 1	16.605.000	16.605.000	16.605.000	16.605.000		66.420.000
Línea 2	11.070.000	11.070.000	11.070.000	11.070.000		44.280.000
Línea 3	5.535.000	5.535.000	5.535.000	5.535.000		22.140.000
Recubrimiento	102.000	102.000	102.000	102.000		408.000
Pintura	51.000	51.000	51.000	51.000		204.000
<b>Total de Costos</b>	<b>33.363.000</b>	<b>33.363.000</b>	<b>33.363.000</b>	<b>33.363.000</b>	<b>0</b>	<b>133.452.000</b>
<b>Ganancia Bruta</b>	<b>67.637.000</b>	<b>37.034.000</b>	<b>20.823.500</b>	<b>4.613.000</b>	<b>18.765.500</b>	<b>68.548.000</b>
<b>Gastos</b>						
Salarios	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	15.000.000
Pasivos laborales (seguro social, fondo de pensión, ARL)					1.000.000	1.000.000
Transporte	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	1.500.000
Papelería y aseo					150.000	150.000
Honorarios profesionales					3.900.000	3.900.000
Contabilidad		0	0	0	1.000.000	1.000.000
Alquiler		0	0	0	3.000.000	3.000.000
Servicios: Luz, agua, Teléfono, Internet		0	0	0	900.000	900.000
Seguro					200.000	200.000
Impuestos (Inmuebles, etc.)	19.190.000	4.797.500	4.797.500	4.797.500	4.797.500	38.380.000
Vigilancia					100.000	100.000
Herramientas				3.000.000		3.000.000
Misc. (Sin especificar)						0
<b>Total Gastos</b>	<b>22.490.000</b>	<b>8.097.500</b>	<b>8.097.500</b>	<b>11.097.500</b>	<b>18.347.500</b>	<b>68.130.000</b>
<b>Resultados del Proyecto</b>	<b>45.147.000</b>	<b>28.936.500</b>	<b>12.726.000</b>	<b>-6.484.500</b>	<b>418.000</b>	<b>418.000</b>

A pesar que el proyecto con estos valores queda sin ganancia ni pérdida, representa un punto de partida al momento de establecer una negociación con un futuro cliente comprador.

Es importante aclarar que, bajo este formato de proyecto, no se posee un galpón para el ensamblado de los equipos sino hasta el último mes, de la misma manera se contratan por honorarios profesionales: un administrador, un contador y dos operarios que realizan el ensamblado cuyos montos están determinados a través de consultas informales a expertos en el área y revisando valores del mercado laboral e inmobiliario. Los montos referidos al salario están asignados al ingeniero a cargo que es el autor del presente proyecto. También

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

se contrata un transportista que se encarga de trasladar materiales y componentes a los diferentes sitios durante los 4 meses del proyecto.

Con respecto a los ingresos, se pide un adelanto del 50% y el restante se divide entre cuatro y se reparte en los meses subsiguientes. El pago de los costos de fabricación totales, también se negocia y divide entre cuatro distribuyéndose en los meses que dure el proyecto.

#### ***Estudio económico por empresa***

Este escenario plantea el desenvolvimiento del primer año de operación de una empresa conformada para la fabricación y venta de los equipos diseñados en el presente proyecto. Las condiciones son similares al caso anterior, pero en este caso se prevé tener durante el año un contrato cada dos meses para la fabricación de un grupo de máquinas, así como el pago de publicidad para promocionar la marca. A partir de ese momento, se hacen las respectivas subcontrataciones para la fabricación, ensamblaje y distribución. De igual manera, el insumo fundamental es el número de máquinas que se pretenden negociar cada dos meses y así, establecer el número mínimo de equipos para que la empresa sea sostenible en el tiempo.

Similar al caso anterior, se tantean diferentes situaciones y se escoge aquella donde a fin de año el estado de ganancias y pérdidas queda tablas. Así se establece un punto de partida al momento de establecer una negociación con futuros clientes compradores.

Como es una empresa que se está constituyendo, no se posee un galpón para el ensamblado de los equipos sino a partir del cuarto mes en adelante, de igual forma sucede con la contratación del administrador. Se mantienen por honorarios profesionales: un contador y dos operarios que realizarán el ensamblado. Los montos referidos al salario desde el mes uno está asignado al ingeniero a cargo que es el autor del presente proyecto. También se contrata un transportista que se encarga de trasladar materiales y componentes a los diferentes sitios durante todo el año.

Se determina que lo más adecuado es establecer un cronograma de ingresos distribuidos como el caso anterior, donde se pide un adelanto del 50% y el restante se divide entre cuatro repartiéndose en los meses subsiguientes. El pago de los costos de fabricación totales, también se divide entre cuatro debido que ese es el tiempo estimado para la fabricación.









Una vez realizadas las diferentes iteraciones, se muestran resultados en la Tabla 28 para contratos bimensuales de 12 máquinas para el tren superior y 9 máquinas para el inferior. En el caso real, puede haber variaciones en los números de máquinas a fabricar, pero se recomienda que como mínimo y para que el negocio sea rentable, deben fabricarse 72 equipos de tren superior y 54 para el tren inferior durante el primer año de operaciones.

Tabla 28: Estado de ganancias y pérdidas mínimas durante un año de operaciones. Fuente: propia

	ene-21	Feb-21	Mar-21	Apr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Aug-21	Sep-21	Oct-21	Nov-21	Dec-21	ANUAL
<b>Ingresos (Ventas)</b>													
Saldo Inicial	0	36.071.750	21.113.500	46.527.000	15.510.500	49.584.000	10.967.500	45.041.000	8.674.500	42.748.000	6.381.500	40.455.000	
Venta 1 (COP)	84.000.000	21.000.000	21.000.000	21.000.000	21.000.000								168.000.000
Venta 2 (COP)	0	0	84.000.000	21.000.000	21.000.000	21.000.000	21.000.000						168.000.000
Venta 3 (COP)					84.000.000	21.000.000	21.000.000	21.000.000	21.000.000				168.000.000
Venta 4 (COP)							84.000.000	21.000.000	21.000.000	21.000.000	21.000.000		168.000.000
Venta 5 (COP)									84.000.000	21.000.000	21.000.000	21.000.000	147.000.000
Venta 6 (COP)											84.000.000	21.000.000	105.000.000
<b>Total de Ingresos (Ventas)</b>	<b>84.000.000</b>	<b>57.071.750</b>	<b>126.113.500</b>	<b>88.527.000</b>	<b>141.510.500</b>	<b>91.584.000</b>	<b>136.967.500</b>	<b>87.041.000</b>	<b>134.674.500</b>	<b>84.748.000</b>	<b>132.381.500</b>	<b>82.455.000</b>	<b>924.000.000</b>
<b>Costo</b>													
Línea 1	13.770.000	13.770.000	27.540.000	27.540.000	27.540.000	27.540.000	27.540.000	27.540.000	27.540.000	27.540.000	27.540.000	27.540.000	302.940.000
Línea 2	9.180.000	9.180.000	18.360.000	18.360.000	18.360.000	18.360.000	18.360.000	18.360.000	18.360.000	18.360.000	18.360.000	18.360.000	201.960.000
Línea 3	4.590.000	4.590.000	9.180.000	9.180.000	9.180.000	9.180.000	9.180.000	9.180.000	9.180.000	9.180.000	9.180.000	9.180.000	100.980.000
Recubrimiento	85.500	85.500	171.000	171.000	171.000	171.000	171.000	171.000	171.000	171.000	171.000	171.000	1.881.000
Pintura	42.750	42.750	85.500	85.500	85.500	85.500	85.500	85.500	85.500	85.500	85.500	85.500	940.500
<b>Total de Costos</b>	<b>27.668.250</b>	<b>27.668.250</b>	<b>55.336.500</b>	<b>55.336.500</b>	<b>55.336.500</b>	<b>55.336.500</b>	<b>55.336.500</b>	<b>55.336.500</b>	<b>55.336.500</b>	<b>55.336.500</b>	<b>55.336.500</b>	<b>55.336.500</b>	<b>608.701.500</b>
<b>Ganancia Bruta</b>	<b>56.331.750</b>	<b>29.403.500</b>	<b>70.777.000</b>	<b>33.190.500</b>	<b>86.174.000</b>	<b>36.247.500</b>	<b>81.631.000</b>	<b>31.704.500</b>	<b>79.338.000</b>	<b>29.411.500</b>	<b>77.045.000</b>	<b>27.118.500</b>	<b>315.298.500</b>
<b>Gastos</b>													
Salarios	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	4.500.000	4.500.000	4.500.000	4.500.000	4.500.000	4.500.000	4.500.000	4.500.000	48.000.000
Pasivos laborales (seguro social, fondo de pensión, ARL)					1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	12.000.000
Transporte	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	3.600.000
Papelería y aseo					150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	1.200.000
Honorarios profesionales				2.400.000		2.400.000		2.400.000		2.400.000		2.400.000	12.000.000
Contabilidad		0	0	0	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	8.000.000
Alquiler		0	0	0	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	24.000.000
Servicios: Luz, agua, Telefono, Internet		0	0	0	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	7.200.000
Utilidades (prima)						2.250.000						2.250.000	4.500.000
Seguro					200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	1.600.000
Impuestos (Inmuebles, etc.)	15.960.000	3.990.000	19.950.000	7.980.000	23.940.000	7.980.000	23.940.000	7.980.000	23.940.000	7.980.000	23.940.000	7.980.000	175.560.000
Vigilancia					100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	800.000
Herramientas				3.000.000		0	0	0	0	0	0	0	3.000.000
Publicidad	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	12.000.000
<b>Total Gastos</b>	<b>20.260.000</b>	<b>8.290.000</b>	<b>24.250.000</b>	<b>17.680.000</b>	<b>36.590.000</b>	<b>25.280.000</b>	<b>36.590.000</b>	<b>23.030.000</b>	<b>36.590.000</b>	<b>23.030.000</b>	<b>36.590.000</b>	<b>25.280.000</b>	<b>313.460.000</b>
<b>Ingresos Netos</b>	<b>36.071.750</b>	<b>21.113.500</b>	<b>46.527.000</b>	<b>15.510.500</b>	<b>49.584.000</b>	<b>10.967.500</b>	<b>45.041.000</b>	<b>8.674.500</b>	<b>42.748.000</b>	<b>6.381.500</b>	<b>40.455.000</b>	<b>1.838.500</b>	<b>1.838.500</b>

Para finalizar, se hace una comparación de precio de los equipos diseñados contrastándolos con el equivalente comercial destinados a gimnasios. El precio al cual se ofrece el diseño desarrollado está por debajo o en su defecto en un rango similar pero con muchas más prestaciones sin incluir los impuestos de importación (Ver Tabla 29).

*Tabla 29: Comparativa entre los equipos diseñados y similares comerciales indoors. Fuente: propia*

Diseño propio	Equipos comerciales indoors		
			
\$560	\$2300	\$528	\$149
			
\$4500	\$6300	\$2530	\$3872

Lamentablemente y a pesar que se intenta obtener, no se posee información completa sobre los precios de los equipos para aire libre. Sin embargo, se puede hacer un contraste respecto a la calidad estructural como a la estética (Ver Tabla 30).

*Tabla 30: Comparativa entre los equipos diseñados y similares comerciales outdoors. Fuente: propia*

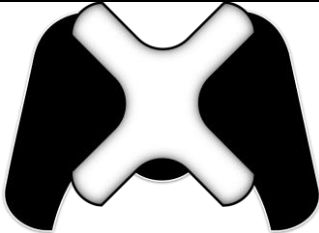
Diseño propio	Equipos comerciales outdoors		
			
\$560			\$3520
			
\$4500			\$3520

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

#### 4.4.9 Estrategia y plan de comunicación

Para esto se han tomado una serie de decisiones clave que afectarán directamente el producto (Ver Tabla 31).

*Tabla 31: Estrategia y plan de comunicación del producto. Fuente: Propia*

<b>Forma y Función</b>	<p>Al iniciar actividades se proponen dos equipos los cuales se producirán por encargo con un margen de entrega entre 4 o 5 meses. El cliente puede escoger el número de máquinas totales, así como la cantidad de cada una de ellas.</p> <p>También, se proponen como colores base de los equipos originales los mostrados en este documento. No obstante, el cliente puede seleccionar de un abanico establecido por la empresa.</p> <p>A pesar de que con los dos equipos diseñados se cubre un rango considerable de variedad de ejercicios, se prevé el diseño a futuro de otros equipos que complementen o refuercen los desarrollados, incrementando la carga o incorporando nuevos ejercicios y grupos musculares a trabajar.</p>
<b>Marca</b>	<p><b>X-Machina</b></p> <p>Cada una de las piezas de polipropileno llevarán la imagen de la marca de manera discreta, de manera que aquellos interesados en conocer sobre la marca pueden hacer la respectiva búsqueda por internet.</p>
<b>Empaque</b>	<p>El empaque se realiza a través de protecciones de cartón de material 100% reciclado y la imagen de la marca también estará impreso en el mismo. Al momento del despacho, la máquina se envuelve en plástico Film Stretch Bio (Dagalco SAS, 2020) con varias capas de resina de polietileno de baja densidad, que permiten estirarse y adherirse a las superficies garantizando la protección del producto. La caja de cartón no recubrirá la maquina en un 100%. Solo ira aplicada en las esquinas o zonas que así lo requieran durante el transporte.</p>
<b>Transporte</b>	<p>Se contrata el transporte que se encarga de la distribución de los equipos a lo largo de la ciudad. Queda de parte del cliente proporcionar en sitio el montacargas para la descarga de los equipos. La empresa proporciona los técnicos para su instalación en el sitio.</p>
<b>Publicidad</b>	<p>Se pretende establecer una serie de planes y ofertas que ayuden a incrementar la promoción de la marca, del producto ofrecido y de las ventas, se realizarán descuentos a medida que se incremente el número de máquinas solicitadas. Se contrata un publicista a tiempo completo para trabajar en el diseño de ofertas y planes que ayuden a promocionar los equipos y la marca.</p>
<b>Logo</b>	

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

#### 4.4.10 Normativa de calidad, medio ambiente, seguridad y salud

Tabla 32: Normativas aplicables a la producción del producto. Fuente: Propia

<b>ISO 3:1973</b> <b>ISO 947:1973</b>	<p>El uso de los números preferentes permite la compatibilidad entre componentes con otros equipos del mismo estilo y utilidad.</p> <p>Para el desarrollo de un nuevo producto a posterior del cual sea necesario diferentes tamaños, los mismos deben estar equidistantemente espaciados en una escala logarítmica, permitiendo minimizar la cantidad de diferentes tamaños a fabricar.</p> <p>En base a la idea de trabajar con números preferentes será necesaria la guía para la elección de números preferentes y series con valores redondeados.</p>
<b>ISO 68-1: 1998</b> <b>ISO 162: 1998</b>	<p>Selección de roscas de tornillo de uso general, así como manejar los tamaños más comunes tanto para tornillos, pernos, tuercas y arandelas.</p>
<b>ISO 01.100.01</b> <b>ISO 128-3</b> <b>ISO 129:2018</b> <b>ISO 5455:1979</b>	<p>Se toman en cuenta las normativas para el desarrollo de todos los planos desarrollados por la empresa. De esta manera, se garantizan estándares internacionales en caso de subcontratar la fabricación de componentes en otros países.</p>
<b>ISO 9001:2015</b>	<p>Enfoque en base al cliente, buscando la satisfacción de sus necesidades y escuchando su opinión para implementar mejoras continuas.</p> <p>Enfoque a procesos con la finalidad de definirlos y gestionarlos de manera de alcanzar los resultados previstos eficientemente, de acuerdo con la política de la calidad y la dirección estratégica de la empresa.</p> <p>Asegurar la calidad de los productos y de sus materias primas durante todo el proceso de producción.</p> <p>Mantener el control en situaciones eventuales y especiales, de manera que los procesos sean lo suficientemente flexibles para adaptarse a los cambios necesarios que surjan.</p>
<b>ISO 14005:2010</b> <b>ISO 14001:2015</b>	<p>A futuro se prevé establecer el plan de implementación del sistema de gestión ambiental en la empresa.</p> <p>A medida que evolucione la venta y se dé la oportunidad de ir realizando algunos procesos de fabricación en la compañía. Se establece un plan de responsabilidades y el tratamiento sistemático de los asuntos ambientales, de esta manera se impulsa un ahorro económico a través de la reducción de residuos y un uso eficiente de los recursos tales como la electricidad, el agua y el gas.</p>
<b>ISO 14006:2011</b>	<p>Se deben establecer pautas para definir el ciclo de vida de los productos que se fabrican, instaurando políticas propias en el uso de materiales reciclados manejados a través de indicadores que permiten medir la mejora de la calidad del producto y la protección del medio ambiente. Sin embargo, se espera una vida útil de estos productos de al menos unos 20 años.</p>
<b>Chequesos adicionales</b>	<p><b>Suministro:</b> Verificación del material recibido, establecer los porcentajes de material de desecho.</p> <p><b>Fabricación:</b> Definir procedimientos para la reutilización de la mayor cantidad de material de desecho en los procesos de fabricación actuales.</p> <p><b>Ensamblaje:</b> se establece procedimiento de verificación y control de calidad de cada uno de los puntos clave del equipo de manera de verificar su correcto funcionamiento antes del embalaje.</p> <p><b>Instalación:</b> se realiza asesoría al cliente respecto a la instalación de los equipos en el espacio destinado para ello. A través de un layout, se recomienda una separación entre maquinas con un área de 6 m<sup>2</sup> aproximada para que el usuario circule. Además de especificaciones de la losa para el anclaje, que incluya: losa de hormigón con malla electrosoldada de varilla de 4 mm con un espesor entre 15 y 20 cm de profundidad.</p> <p><b>Postventa:</b> se ofrece un plan de revisión del funcionamiento de los equipos al momento de instalar y revisiones anuales gratuitas por cinco años, para verificar el funcionamiento y desempeño de los diversos componentes.</p>



Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

#### 4.4.11 Evaluación

##### **Validación de calidad: Simulaciones en CAD**

Para corroborar el diseño realizado en cuanto a cargas y esfuerzos, se considera que las máquinas son y deben ser lo suficientemente resistentes no solo para soportar las cargas del uso normal, sino la intemperie a las que estarán sometidas diariamente. Para ello, se aprovechan las capacidades del software utilizado en el diseño para verificar a través del método del elemento finito algunos componentes que se consideran lo suficientemente cargados como para realizar una evaluación de los esfuerzos. Es importante destacar que las simulaciones realizadas no buscan optimizar el modelo sino darle robustez y confiabilidad.

- **Tren superior:** se presentan los cálculos realizados al equipo donde se evaluaron 3 componentes principales: la estructura principal, barra de paralelas y mecanismo de apertura. Este es un equipo que trabaja con el peso de un ser humano y en todos los casos se estima una carga de 200 kgf, muy por encima del peso normal de una persona, de esta manera se tiene una franja de seguridad y al revisar los resultados del factor de seguridad obtenidos deben estar igual o por encima de uno. La Figura 66 muestra el análisis basado en el factor de seguridad, cuyo mínimo da muy cercano a 1 pero tomando en cuenta el sobre dimensionamiento de las cargas colocadas implica que la estructura principal es segura.

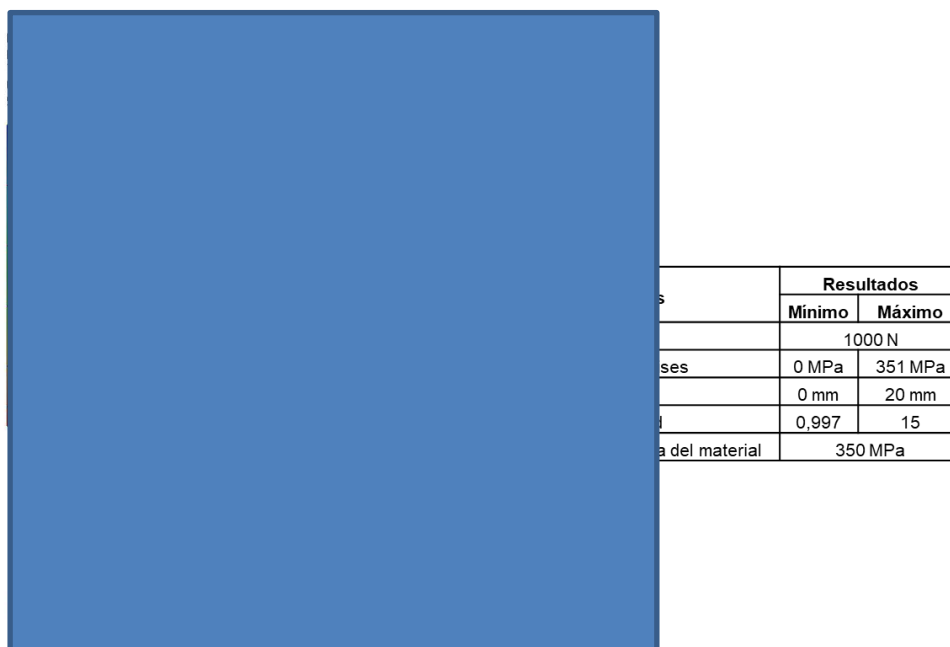


Figura 66: Análisis de esfuerzos de la estructura del equipo tren superior. Fuente: propia

La Figura 67 muestra los desplazamientos del mecanismo de apertura donde se coloca el patín en la mitad de la viga por ser la posición más crítica aplicando una carga de aproximadamente 100 Kgf. Se observa un desplazamiento cercano a 1 mm bajo estas

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

condiciones y una deformación presente en las ruedas de nylon (no mostradas) muy baja de 0.0045.



Figura 67: Análisis de esfuerzos del mecanismo de aperturas. Fuente: propia

Finalmente se hace una prueba de carga sobre la viga de las barras paralelas aplicando una carga de 100 Kgf por barra (200 Kgf en total), reportando un factor de seguridad mínimo de 1,95 (Ver Figura 68).

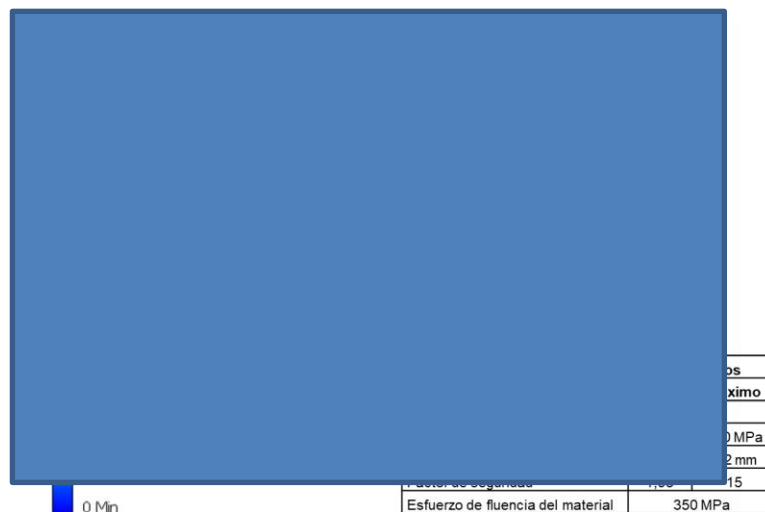
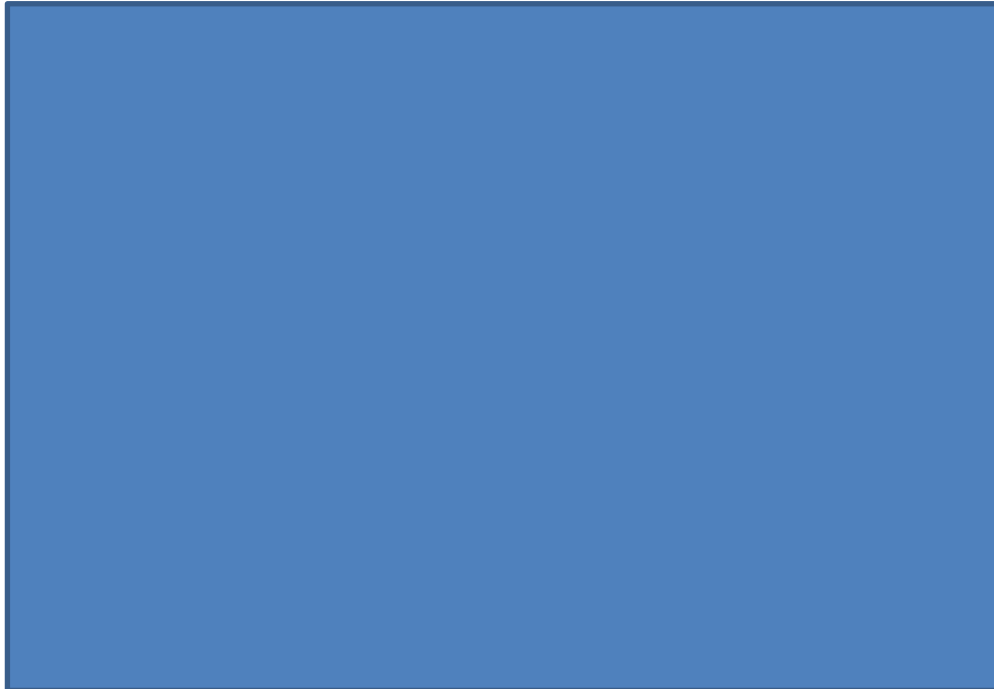


Figura 68: Análisis de esfuerzos de la barra para las paralelas. Fuente: propia

- **Tren inferior:** para este equipo se evalúan tres componentes: el bastidor principal, la estructura que soporta la carga y el mecanismo o sistema de selección de carga. El peso del sistema de carga completa incluida la estructura, los discos y el mecanismo de selección pesan alrededor de 304 Kgf. Para efectos de sobredimensionar el bastidor se estima que reposan sobre las barras circulares 3000 N de peso y en los apoyos 3000 N adicionales. También se le agregan 1000 N sobre las pletinas donde estará ubicado el usuario que equivale a una persona de aproximadamente 100 Kgf

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

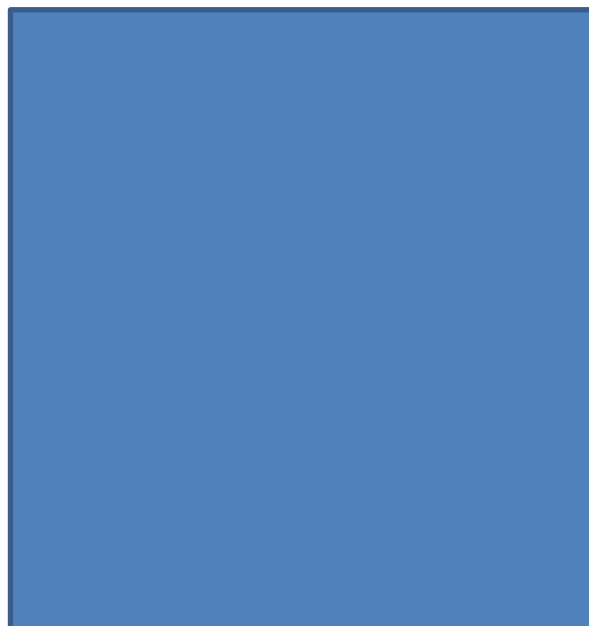
de peso. En la Figura 69 se muestran los resultados de los desplazamientos cuyos valores máximos ocurren en la mitad del equipo (como era de esperarse) y está alrededor de 3 mm de deflexión.



Resultados	
Mínimo	Máximo
	3000 N
	3000 N
	1000 N
0 MPa	321 MPa
0 mm	3 mm
1,1	15
	350 MPa

Figura 69: Análisis de esfuerzos en el bastidor del equipo tren inferior. Fuente: propia

Se analiza el sistema de selección de pesos por considerar las cargas que maneja representativas, por encontrarse el eje soporte envoladizo (Ver Figura 70). Como resultados, la carga es muy baja como para representar un riesgo de falla del elemento.



Datos	Resultados	
	Mínimo	Máximo
		1500 N
Von Mises	0 MPa	58 MPa
nto	0 mm	0,04 mm
guridad	6,1	15
fluencia del material		350 MPa

Figura 70: Análisis de esfuerzo del sistema de selección de cargas. Fuente: propia

La estructura que soporta este sistema se analiza presentando un factor de seguridad mínimo de 2.1, aun habiendo sobre dimensionado las cargas aplicadas. Lo que implica que el elemento mecánico está lejos de presentar una posible falla (Ver Figura 71).

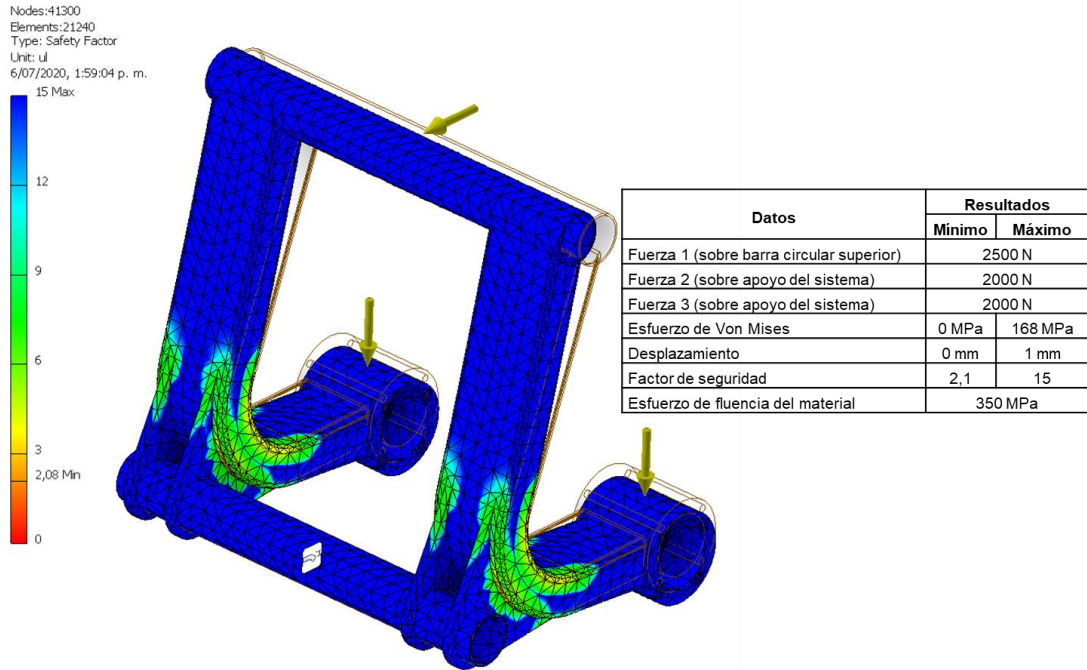


Figura 71: Análisis de esfuerzo sobre bastidor que soporta la carga. Fuente: propia

Finalmente, se aprovecha la disponibilidad de otras herramientas que brinda el software para hacer el cálculo de los resortes que se ubican en el respaldo del asiento y en el apoyo de los hombros. El cálculo se basa (en el caso del respaldo) que se tienen a disposición 10 resortes y se divide la carga total estimada (2000 N) entre el número de estos. Este cálculo se verifica a mano con los conocimientos de ingeniería que posee el autor (no mostrados). Los resultados se muestran en la siguiente figura:

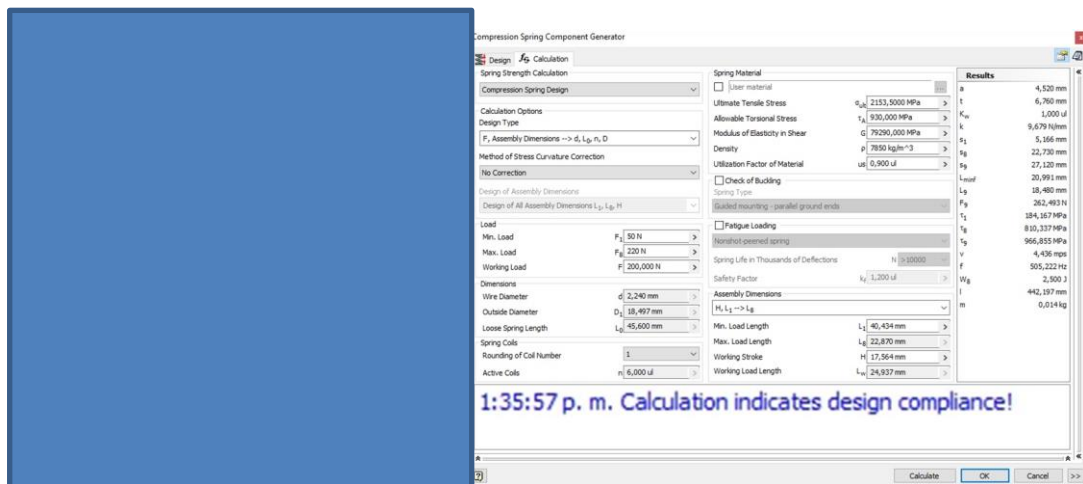


Figura 72: Resultados del cálculo de los resortes usados en el respaldo. Fuente: propia

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

### **Validación funcional**

Dado que en el presente proyecto no se desarrolla un prototipo físico, se realiza un modelo CAD que busca cumplir con todas las características funcionales que presentan los equipos diseñados. En el Apartado 4.3.2 se muestra el diseño y desarrollo de los equipos basado en un modelo virtual de un ser humano de acuerdo a las dimensiones antropométricas de hombres y mujeres colombianos entre los 20 y 59 años de edad. Por otro lado, los mecanismos utilizados en los equipos, son en general comunes lo que permite que debido a su simplicidad sea factible evaluarlos a través de un software y un modelo CAD.

Es importante destacar que el diseño presentado cumple con las especificaciones de diseño establecidas en el Apartado 4.2.3, ya que se puede realizar una evaluación de cada una de ellas:

- Las máquinas diseñadas permiten el trabajo de diferentes grupos musculares: pectorales, espalda, hombros, tríceps, hombros, cuádriceps, isquiotibiales, glúteos y pantorrillas (Ver Figura 38 a la Figura 41 y ver Figura 48).
- La máquina de tren inferior maneja cargas que van desde 43 Kg hasta 188 Kg (Ver Figura 49). Lo que permite ejercer esfuerzos variados sobre los músculos del usuario dependiendo del nivel en el que se encuentre, bien sea principiante o deportista. El equipo de tren superior, aunque no maneja variedad de cargas sino que trabaja principalmente con el peso corporal individual, presenta combinación de implementos que incrementan el esfuerzo realizado y fomentan el crecimiento muscular.
- La mayoría de los ejercicios que se pueden realizar en los dos equipos, permiten el trabajo de varios grupos musculares al tiempo, solo en algunos casos muy particulares se trabajan músculos aislados (Ver Figura 41).
- Las máquinas están diseñadas para su resistencia natural al uso diario y a la intemperie, utilizando recubrimientos especiales para evitar la corrosión (Ver página 68).
- Ambos equipos son simples en cuanto al uso y poseen, en caso de que sea necesario, protecciones que garantizan seguridad ante el usuario. Esto último aplica principalmente para el equipo del tren inferior donde el manejo de las cargas se encuentra aislado evitando la manipulación directa de los discos de carga (Ver Figura 50).

# X-MACHINA



## DISEÑO

Resistente y mejorado para su seguridad. Incluye mecanismo de selección de carga

## ACCESIBILIDAD

Dirigida para ser usada por cualquier persona mayor de 15 años

## VERSATILIDAD

Diversidad de ejercicios y facilidad de uso

## ESTRUCTURA

Acero al carbono con recubrimiento superficial para minimizar el efecto de la corrosión

## CARGAS

Diferentes pesos que permite entrenamientos de fuerza y resistencia

## COMODIDAD

Garantía de uso con la comodidad de las máquinas tradicionales

Figura 73: Infografía de los equipos diseñados. Fuente: propia

## Capítulo 5:

### 5.1 Conclusiones

En el desarrollo del presente proyecto se diseñan un grupo de máquinas que permiten la realización de diferentes ejercicios tanto para la parte superior del cuerpo como para la parte inferior, dando cumplimiento al objetivo principal del mismo ya que permite un entrenamiento integral de fuerza incluyendo variedad de ejercicios y cargas (Ver Figura 37 y Figura 47). Además, el diseño no solo busca la funcionalidad sino trabaja la forma para que tengan un sentido estético.

En el objetivo específico (a) se establece un número mínimo de máquinas, por lo que en el apartado 4.3 se presentan dos equipos lo suficientemente flexibles que abarcan un grupo importante de músculos que permiten variedad de ejercicios tanto para el tren superior como el inferior.

Para darle cumplimiento al objetivo específico (b), el equipo diseñado para la parte superior del cuerpo utiliza como carga el peso corporal, mientras que el otro utiliza discos cuya selección no necesita el contacto humano directo. Esto parte del hecho que las cargas para desarrollar los grupos musculares del tren superior son más bajas que las necesarias para el tren inferior.

El material por excelencia a utilizar en estos equipos por estar expuestos a la intemperie y necesitar cierta resistencia estructural, es el acero. Para ello es necesario adaptarlos y optimizarlos utilizando recubrimientos especiales para evitar la corrosión. Otros materiales utilizados por su resistencia a la intemperie y bajo coeficiente de fricción en las partes móviles son el polipropileno, nylon y latón como se muestra detallado en la Tabla 22 y Tabla 23. Estos materiales permiten una durabilidad esperada de unos 20 años, puesto que las cargas a las cuales están sometidos son bajas como se puede observar en el Apartado 4.4.11. Debido a esto se considera el objetivo específico (c) cumplido. Por otro lado, el usar materiales como acero inoxidable incrementaría excesivamente el costo del equipo, lo que lo hace muy poco rentable su uso en una producción en serie.

El sistema elaborado para la selección de los pesos, está diseñado de manera de evitar cualquier riesgo y mantener la seguridad (Ver Apartado 4.3.2 y Figura 49). Así, al estar al aire libre y ubicado en un parque urbano, los niños por curiosidad no pueden verse afectados. De esta manera se da por satisfecho el objetivo específico (d).

Para mantener los costos de fabricación lo más bajo posibles como se indica en el objetivo específico (d), se busca usar los procesos de fabricación más comunes (ver Tabla 24). Sin embargo, debido a la diferencia entre la cantidad de material utilizado en cada uno de los

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

equipos diseñados, la diferencia entre precios también es notable. Esto se debe a que, al necesitarse mucha más carga en el equipo del tren inferior, se incrementa el gasto en el procesamiento de material. No obstante, el costo del equipo se mantiene por debajo o similar al de un equipo equivalente *indoors* (Ver Tabla 29).

Los precios establecidos para los dos equipos están en base al costo estimado de un prototipo, este costo de producción disminuye al comenzar a producir en serie. Se cree que el precio definido para cada uno de ellos está muy por encima, pero se usa como referencia para poder establecer un plan de viabilidad económica de la empresa.

## 5.2 Trabajos futuros

- Se espera incrementar a corto plazo el número de máquinas disponibles, siempre manteniendo el concepto de trabajar varios grupos musculares con un mismo equipo.
- Es importante complementar el equipo para el tren superior con otro donde se manejen pesos y cargas diferentes al corporal. Muchos atletas esperan tener la posibilidad de manejar cargas más elevadas para lograr una hipertrofia.
- Se planea el desarrollo de una versión más económica para el equipo del tren inferior de manera de hacerlo más atractivo y fomentar la venta del mismo.



Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

## Capítulo 6: Referencias bibliográficas

- Acero, J. (21 de Febrero de 2013). *Biomecánica del Deporte y del Ejercicio*. Obtenido de Instituto de Investigaciones & Soluciones Biomecánicas: <https://g-se.com/biomecanica-del-deporte-y-del-ejercicio-especifica-bp-e57cfb26e427fd>
- Aislamiento y Estanqueidad Erica, S.L. (1991 - 2020). <http://www.ericas.es/>. Obtenido de <http://www.ericas.es/web/plasticos-tecnicos/>
- Ávila Chaurand, R., Prado León, L., & González Muñoz, E. (2007). *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Blanco Nespereira, A. (2002). *1000 Ejercicios de Mucsulación*. Barcelona: Paidotribo.
- Buitrago Gallego, A. M. (12 de Marzo de 2017). *Gimnasios al aire libre, “aquí no hay malos ni buenos”*. Obtenido de El Mundo: <https://www.elmundo.com/noticia/Gimnasios-al-aire-libre-aqui-no-hay-malos-ni-buenos/348160>
- Cortés, J. (03 de Enero de 2013). *Parques Biosaludables: gimnasios al aire libre*. Obtenido de Alcaldía de Bogotá: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/cultura-deporte-y-recreacion/parques-biosaludables-gimnasios-al-aire-libre>
- Cuevas, A. (24 de Octubre de 2016). *Peñalosa construirá 64 parques nuevos en Bogotá*. Obtenido de Alcaldía Mayor de Bogotá: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/cultura-deporte-y-recreacion/penalosa-construira-64-parques-nuevos-en-bogota>
- Dagalco SAS. (2020). *Soluciones inteligentes para su empresa*. Obtenido de <https://www.dagalco.com/>
- Ensinger. (2020). <https://www.ensingerplastics.com/>. Obtenido de <https://www.ensingerplastics.com/es-br/semielaborados/seleccion-de-materiales-plasticos/desgaste-por-rozamiento>
- Falcón, V. (s.f.). *Todo lo que tienes que saber sobre la flexiones de pecho: técnica, errores a evitar y progresiones*. Obtenido de Vitónica: <https://www.vitonica.com/entrenamiento/todo-que-tienes-que-saber-flexiones-pecho-tecnica-errores-a-evitar-progresiones>
- Galindo, M., & Lozano, R. (10 de Junio de 2019). *Lo que debe ganar para estar en la clase alta del país*. Obtenido de Portafolio: <https://www.portafolio.co/economia/asi-es-la-riqueza-de-los-colombianos-528116>

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo
<p>Grandslam Fitness. (s.f.). <i>Outdoor Gym</i>. Obtenido de Grandslam Fitness: <a href="http://www.grandslamfitness.co.in/products/product-category/outdoor-fitness/">http://www.grandslamfitness.co.in/products/product-category/outdoor-fitness/</a></p> <p>Gutierrez, A. (04 de Abril de 2017). <i>Descripción espacio: Gimnasios al aire libre</i>. Obtenido de Medium: Bogotá deportiva: <a href="https://medium.com/bogot%C3%A1-deportiva/descripci%C3%B3n-espacio-gimnasios-al-aire-libre-55f4c68d611f">https://medium.com/bogot%C3%A1-deportiva/descripci%C3%B3n-espacio-gimnasios-al-aire-libre-55f4c68d611f</a></p> <p>Heredia, J. R., Chulvi Medrano, I., Donate, F. I., Soro, J., &amp; Costa, M. R. (21 de Noviembre de 2013). <i>Determinación de la Carga de Entrenamiento para la Mejora de la Fuerza orientada a la Salud (Fitness Muscular)</i>. Obtenido de EF Deportes: <a href="https://sites.google.com/site/jamesvallejo/DeterminacindelaCargadeEntrenamiento.doc">https://sites.google.com/site/jamesvallejo/DeterminacindelaCargadeEntrenamiento.doc</a></p> <p>Instituto Distrital de Recreación y Deporte. (2017). <i>Gimnasios al aire libre en Bogotá</i>. Obtenido de IDRD: <a href="https://www.idrd.gov.co/gimnasios-al-aire-libre-bogota">https://www.idrd.gov.co/gimnasios-al-aire-libre-bogota</a></p> <p>Kraemer, W. J., &amp; Spiering, B. A. (2008). Crecimiento Muscular. En L. E. Brown, <i>Entrenamiento de la Fuerza</i> (págs. 29-44). Editorial Médica Panamericana.</p> <p>Lozano, R. (06 de Agosto de 2015). <i>Más gimnasios del exterior piden pista para entrar al país</i>. Obtenido de El Tiempo: <a href="https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16201919">https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16201919</a></p> <p>Mant Leisure LTD. (s.f.). <i>Outdoor Gym Equipment</i>. Obtenido de Mant Leisure: <a href="https://www.mantleisure.co.uk/outdoor-gym-equipment">https://www.mantleisure.co.uk/outdoor-gym-equipment</a></p> <p>Medellín. (30 de Septiembre de 2015). <i>Gimnasios al aire libre en Medellín para combatir obesidad</i>. Obtenido de El Tiempo: <a href="https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16391581">https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16391581</a></p> <p>Men's Health. (03 de Enero de 2020). <i>¿Quieres ganar fuerza y músculo? ¡Prioriza los ejercicios multiarticulares!</i> Obtenido de Men's Health: <a href="https://www.menshealth.com/es/fitness/a30267423/ejercicios-multiarticulares-ganar-musculo-fuerza-entrenamiento/">https://www.menshealth.com/es/fitness/a30267423/ejercicios-multiarticulares-ganar-musculo-fuerza-entrenamiento/</a></p> <p>Metalco. (s.f.). <i>Metalco: Por encima de todo</i>. Obtenido de <a href="https://www.metalco.net/productos/tuberia-estructural/">https://www.metalco.net/productos/tuberia-estructural/</a></p> <p>Nacleiro Ayllón, F. (2005). Entrenamiento de fuerza y prescripción del ejercicio. En A. Jiménez Gutiérrez, <i>Entrenamiento personal, bases fundamentos y aplicaciones</i> (págs. 87-133). Barcelona: INDE Publicaciones.</p> <p>Portafolio. (10 de Junio de 2019). <i>Lo que debe ganar para estar en la clase alta del país</i>. Obtenido de Portafolio: <a href="https://www.portafolio.co/economia/asi-es-la-riqueza-de-los-colombianos-528116">https://www.portafolio.co/economia/asi-es-la-riqueza-de-los-colombianos-528116</a></p>	

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas
	Nombre: Andrés Gerardo

Portafolio. (16 de Mayo de 2019). *Millennials, los que más asisten a gimnasios en Colombia*.

Obtenido de Portafolio: <https://www.portafolio.co/tendencias/millennials-los-que-mas-asisten-a-gimnasios-en-colombia-529623>

Quiroga Díaz, J. E. (Septiembre de 2008). La técnica de los ejercicios de fuerza. *Sporttraining Magazine*, 38-43.

Obtenido de <http://www.sporttraining.es/wp-content/uploads/2012/03/La-tecnica-de-los-ejercicios-de-fuerza-STM-20.-Septiembre-octubre-2008.pdf>

Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2857-2872.

Shang Hsing Steel Industries Co., LTD. (2002 - 2020).

<https://shanghsing.en.taiwantrade.com/>. Obtenido de <https://shanghsing.en.taiwantrade.com/product/erw-flat-oval-steel-tube-pipe-1334808.html>

Sika Colombia S.A.;. (2015). *Manual de recubrimientos para metal*. Tocancipá.

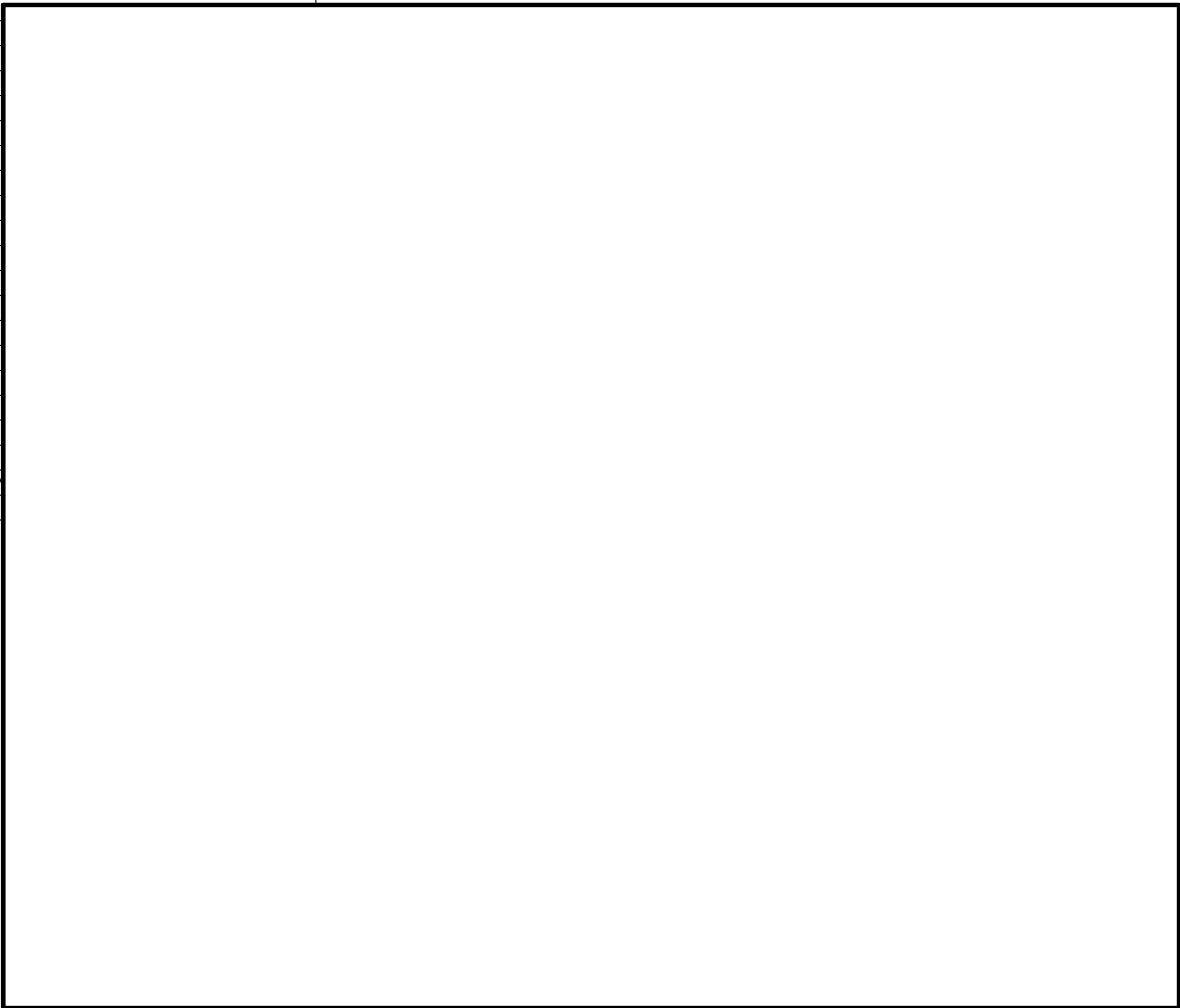
Vitónica. (2011). *Los dos mejores ejercicios de cada grupo muscular*. Obtenido de Vitónica:

<https://www.vitonica.com/entrenamiento/los-dos-mejores-ejercicios-de-cada-grupo-muscular>

Máster	Datos del alumno
Máster Universitario en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	Apellidos: Clavijo Vargas Nombre: Andrés Gerardo

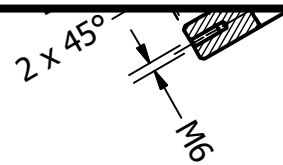
## **Anexos: Planos de fabricación**

PARTS LIST		
ITEM	QTY	DESCRIPTION
1	1	Estructura principal
2	2	Mecanismo paralelas
2.1	1	Barra de paralelas
2.2	1	Retenedor
2.3	1	Tornillo Allen avellanado M6 x 40
2.4	1	Protector
3	2	Eje de apoyo para barra Z
3.1	1	Apoyo para barra Z
3.2	1	Placa soporte
3.3	1	Buje
4	1	Barra Z
5	2	Arandela antifricción
6	2	Tornillo Allen de precisión 07534-20 x 60
7	2	Mecanismo de apertura
8	4	Arandela de presión NF E 25-515 - W8
9	4	Arandela plana ISO 7089 M8
10	4	Tuerca hexagonal ISO 4032 M8
11	4	Tornillo Allen cabeza redonda ISO 7380-1 M
12	6	Protector



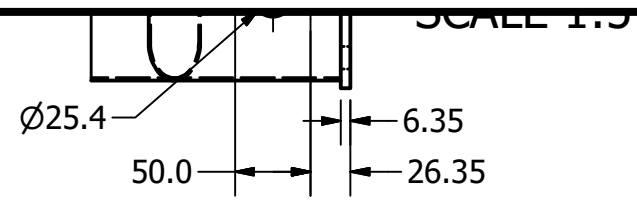
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Máquina Tren Superior</b>			Plano No.	1 / 24
1:12				Material:	
				Sustituido por:	

DETAIL C  
SCALE 1:2.5

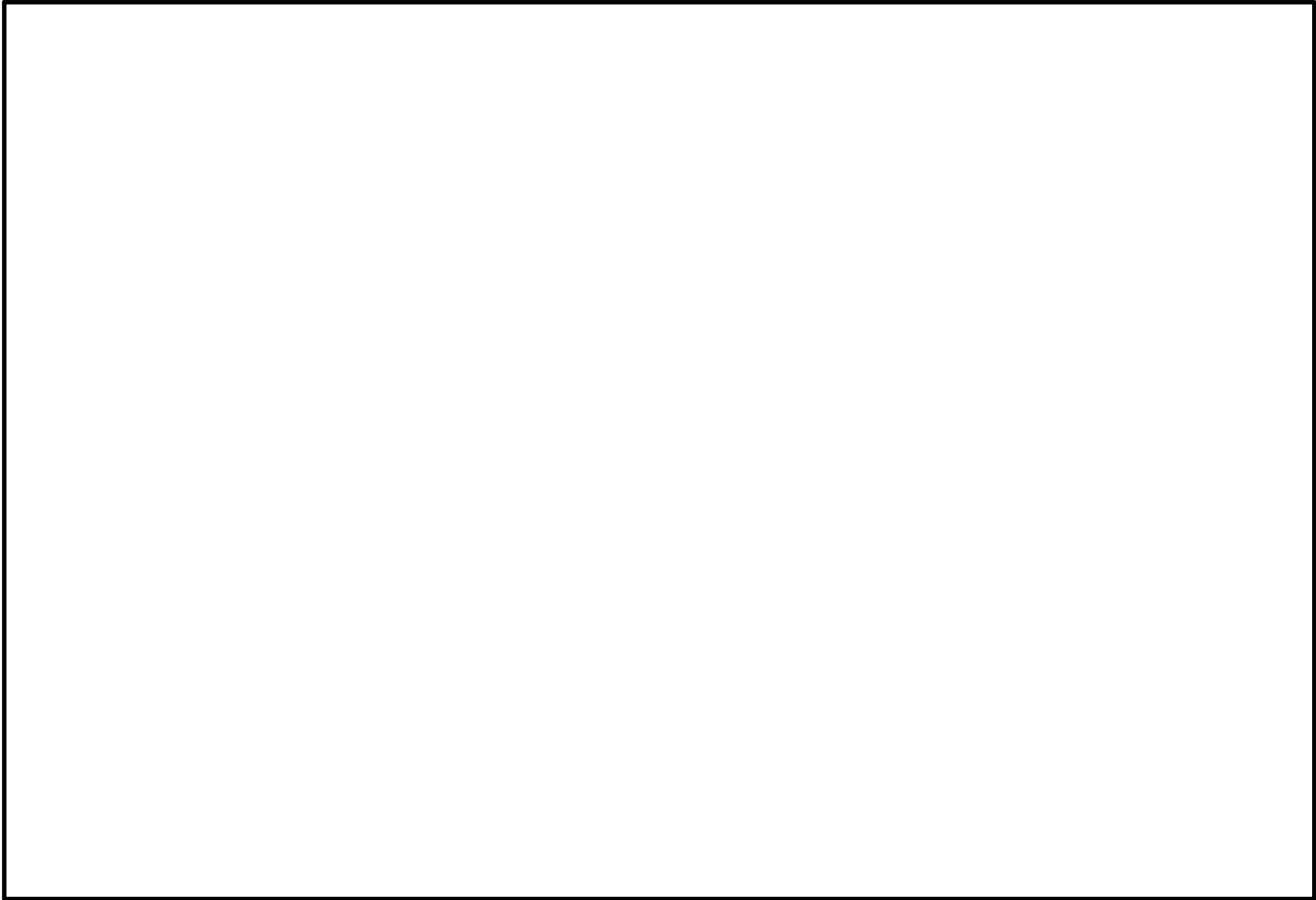


DETAIL D  
SCALE 1:5

	Fecha	Nombre	Firmas	UNIR UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No.	2 / 24
Comprobado				Material:	Steel, Carbon
Escala	Estructura Principal			Sustituido por:	
1:15					

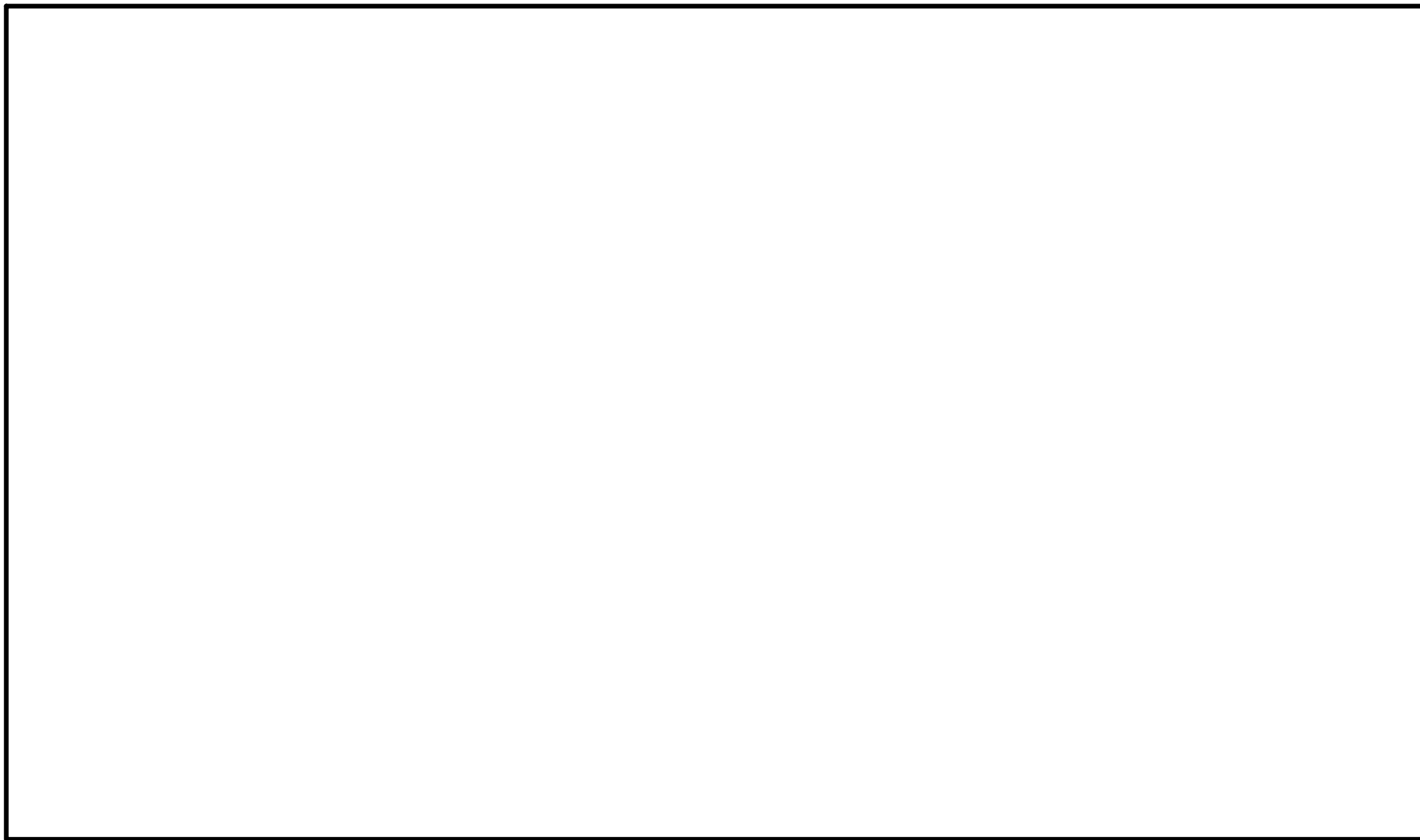


	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado				Plano No.	3 / 24
Escala	<b>Estructura Principal</b>			Material:	Steel, Carbon
1:10				Sustituido por:	

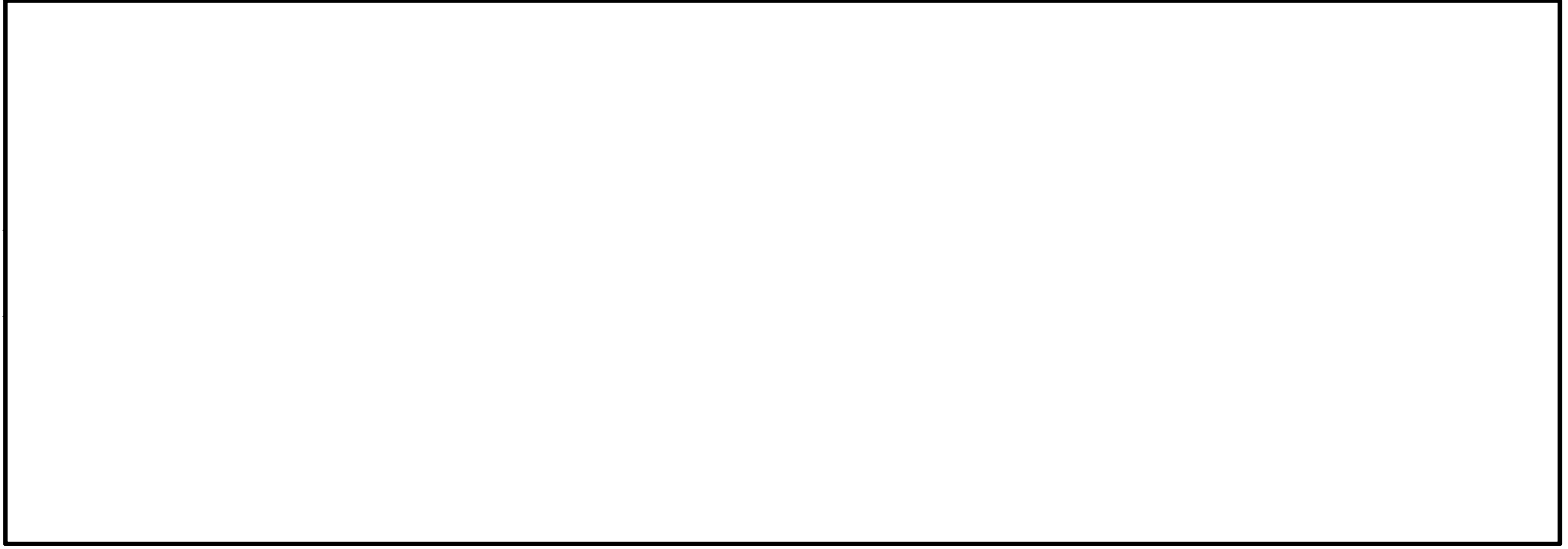


	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Barra de Paralelas</b>			Plano No.	4 / 24
1:2				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	

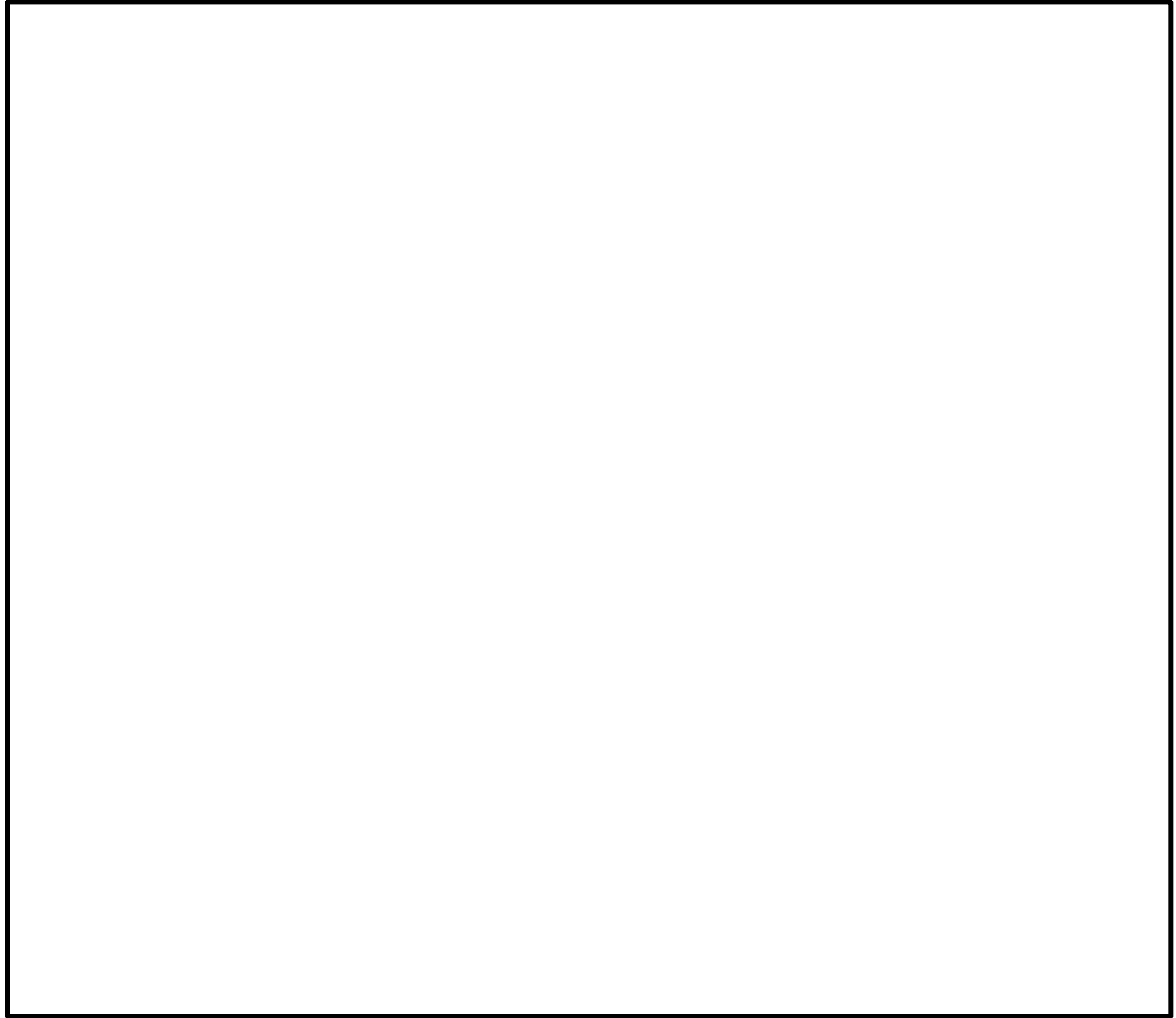




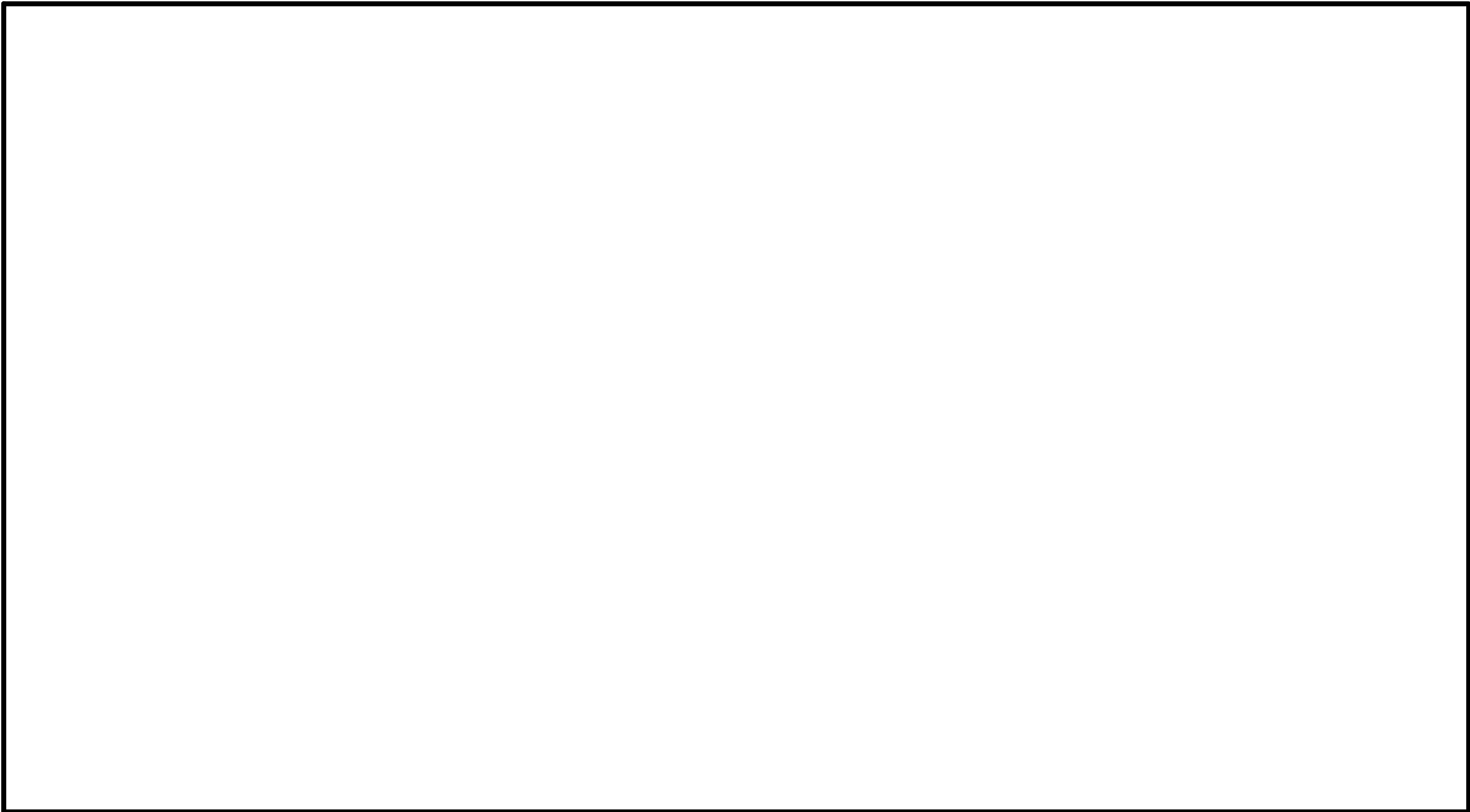
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Retenedor</b>			Plano No.	5 / 24
5:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



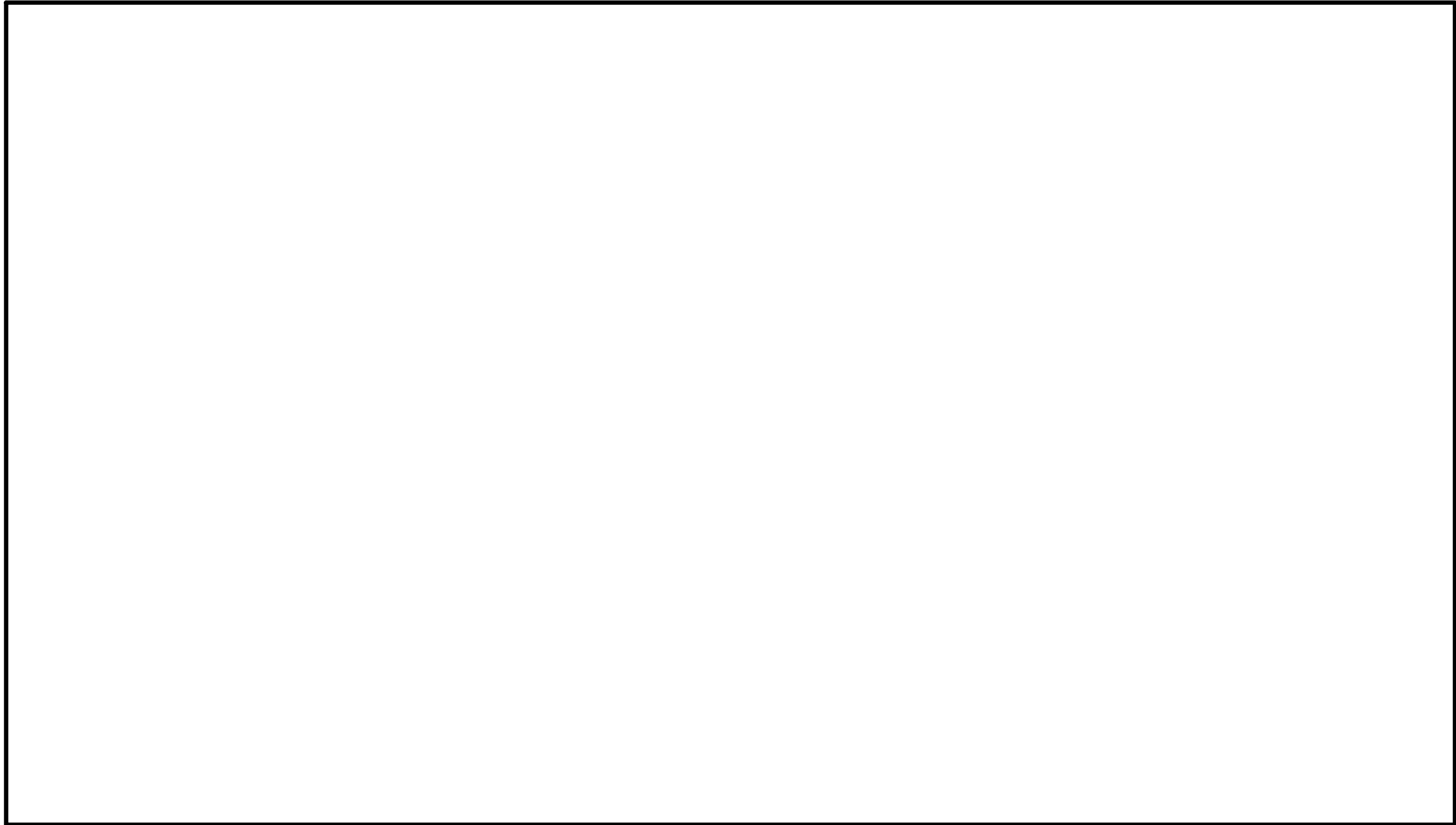
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Apoyo para Barra Z</b>			Plano No.	6 / 24
1:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No.	7 / 24
Comprobado				Material:	Steel, Carbon
Escala	<b>Placa Soporte</b>			Sustituido por:	
2:1					



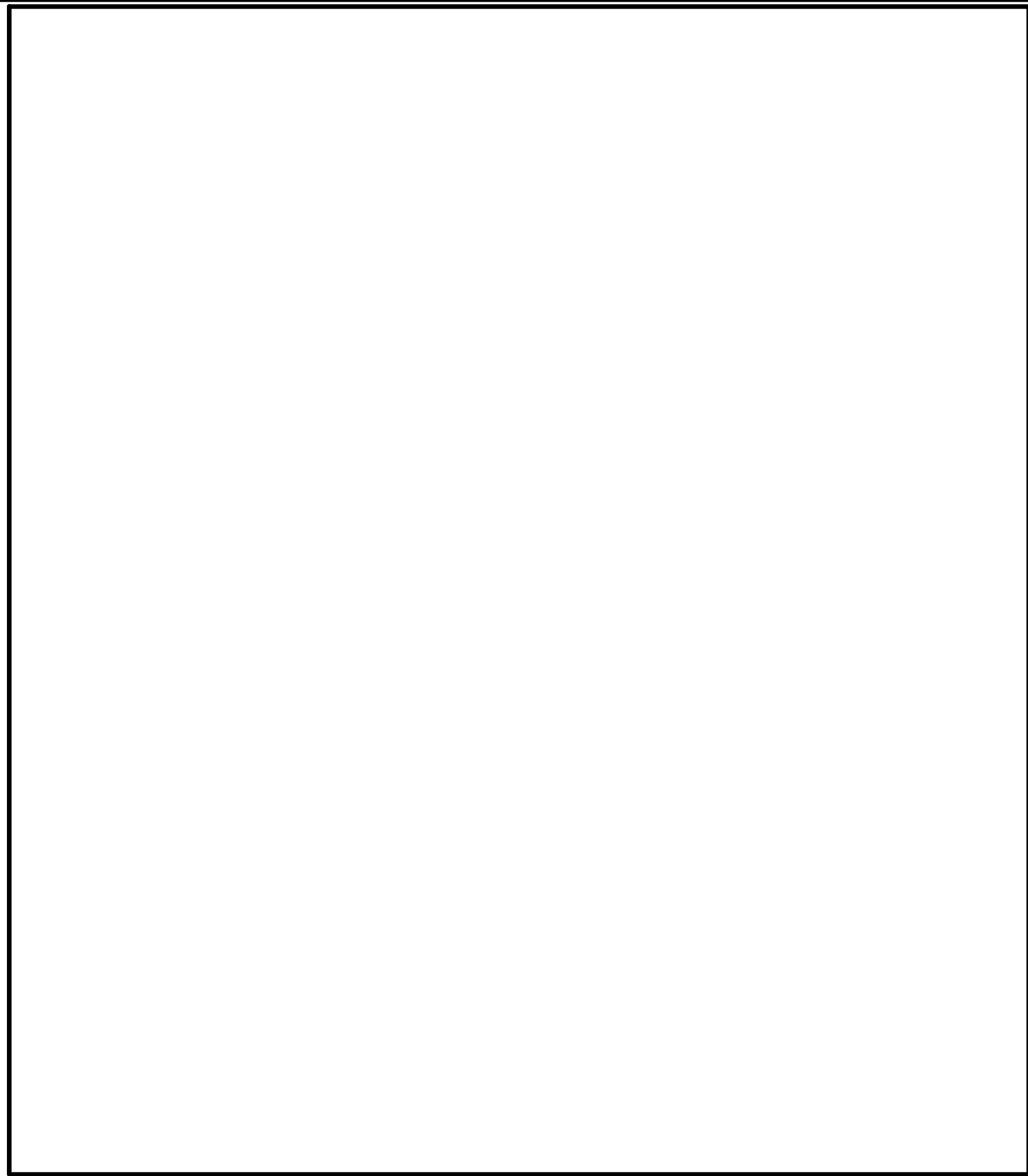
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Buje</b>			Plano No.	8 / 24
2:1				Material:	Brass, Soft Yellow, Welded
				Sustituido por:	



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Barra Z</b>			Plano No.	9 / 24
1:3				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No.	10 / 24
Comprobado				Material:	Brass, Soft Yellow
Escala	<b>Arandela Antifricción</b>			Sustituido por:	
3:1					



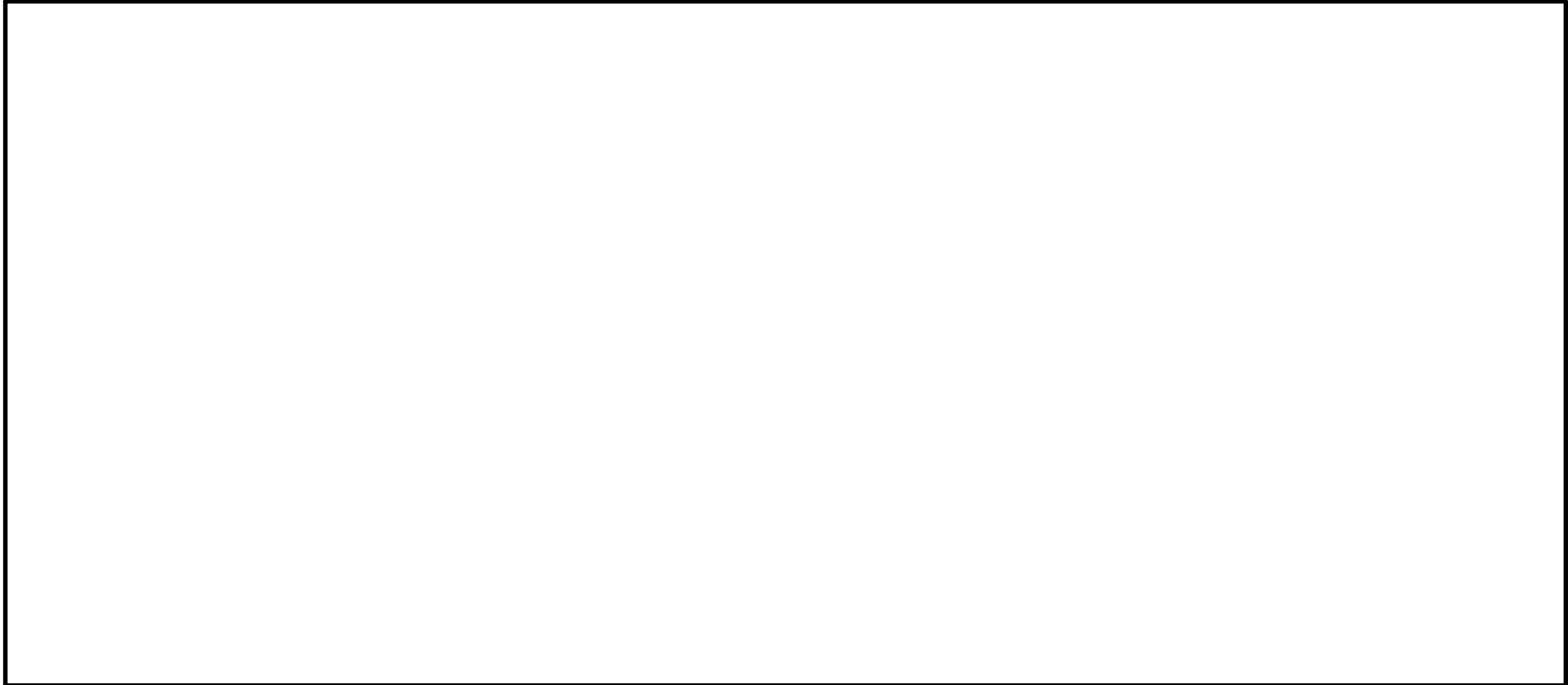
PARTS LIST			
ITEM	QTY	DESCRIPTION	MATERIAL
1	1	Barra principal	Acero al carbono
2	1	Buje 01	Latón
3	1	Cuerpo base del patín	Acero al carbono
4	2	Pletina de apoyo del patín	Acero al carbono
5	4	Eje 01	Acero al carbono
6	4	Rueda 01	Nylon
7	2	Pletina para ejes del patín	Acero al carbono
8	2	Eje 02	Acero al carbono
9	2	Rueda 02	Nylon
10	1	Buje 02	Latón
11	1	Eje 03	Acero al carbono
12	1	Disco del patín	Acero al carbono
13	1	Asa del patín	Acero al carbono
14	8	Tornillo Allen avellanado M6 x 12	Acero al carbono (pavonado)
15	1	Rueda industrial 2781T97 PP	Polipropileno
16	1	Eje 04	Acero al carbono
18	8	Retén BS 3673/1 - S0037	Acero al carbono
19	1	Retén BS 3673/1 - S014M	Acero al carbono
20	1	Anillo de acople	Acero al carbono
21	1	Tornillo Allen avellanado M6 x 25	Acero al carbono

	Nombre	Firmas
020	Andrés Clavijo	

**UNIR**  
UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

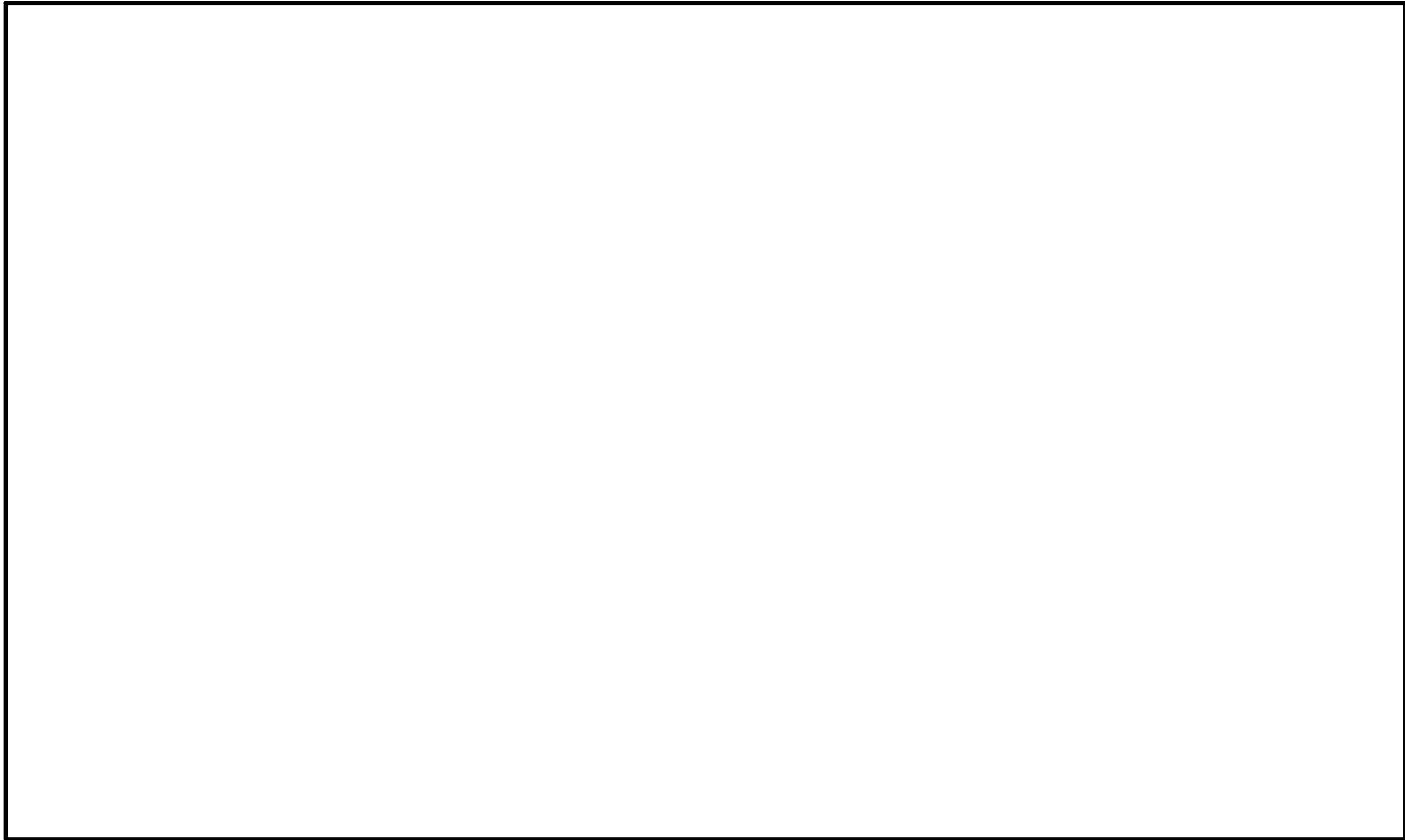
**Mecanismo de Apertura**

Plano No.	11 / 24
Material:	
Sustituido por:	

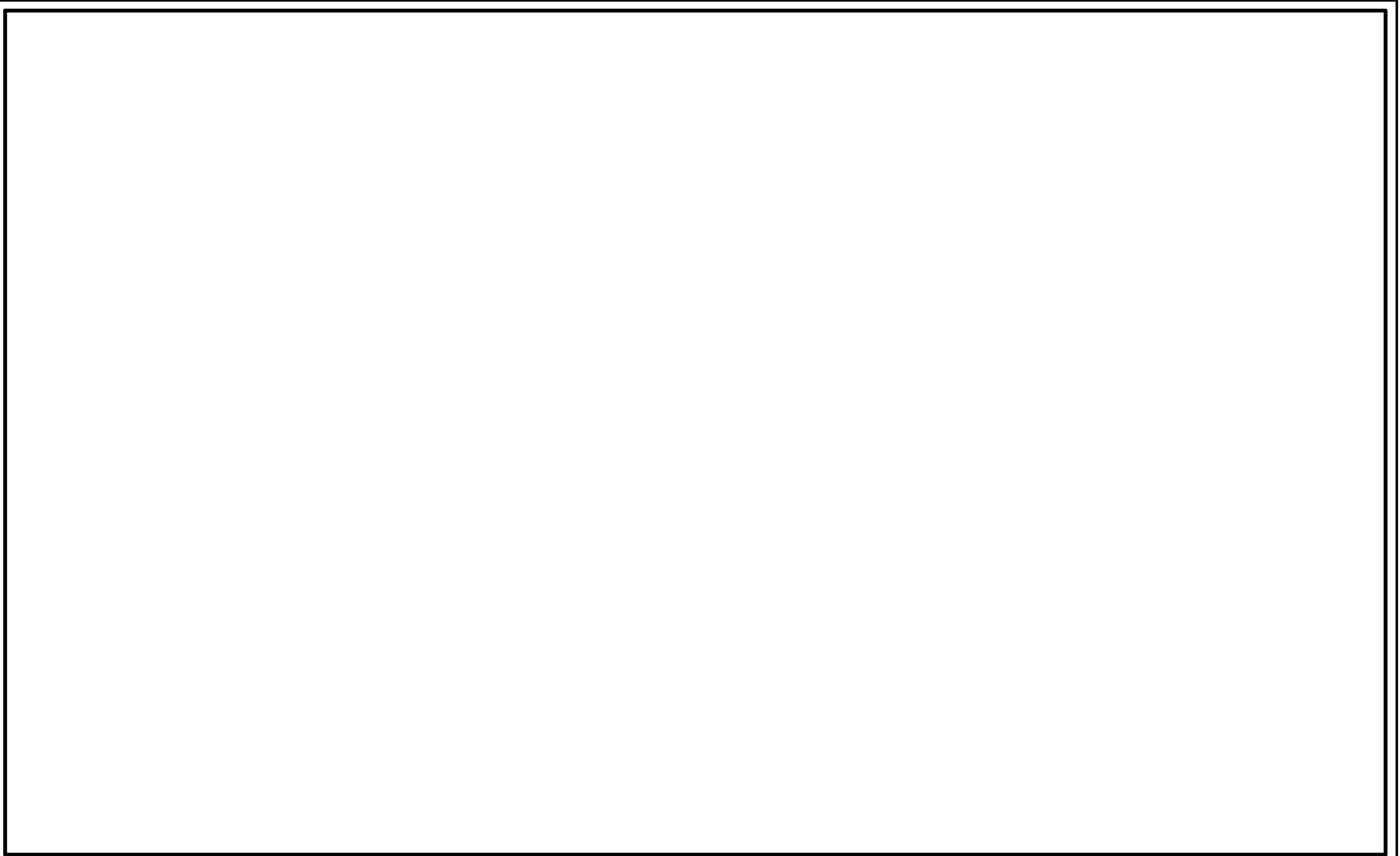


	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Barra Principal</b>			Plano No.	12 / 24
1:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	

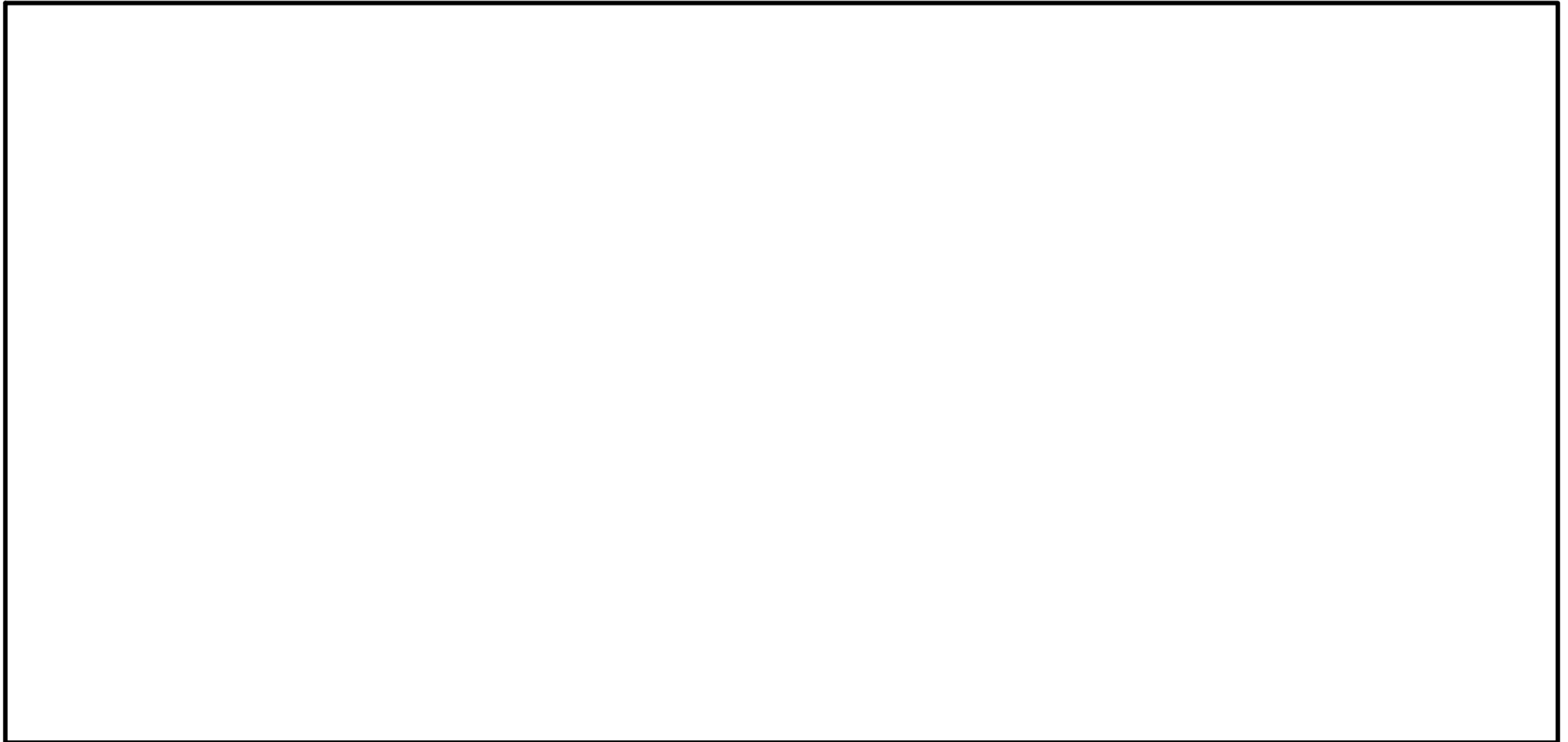




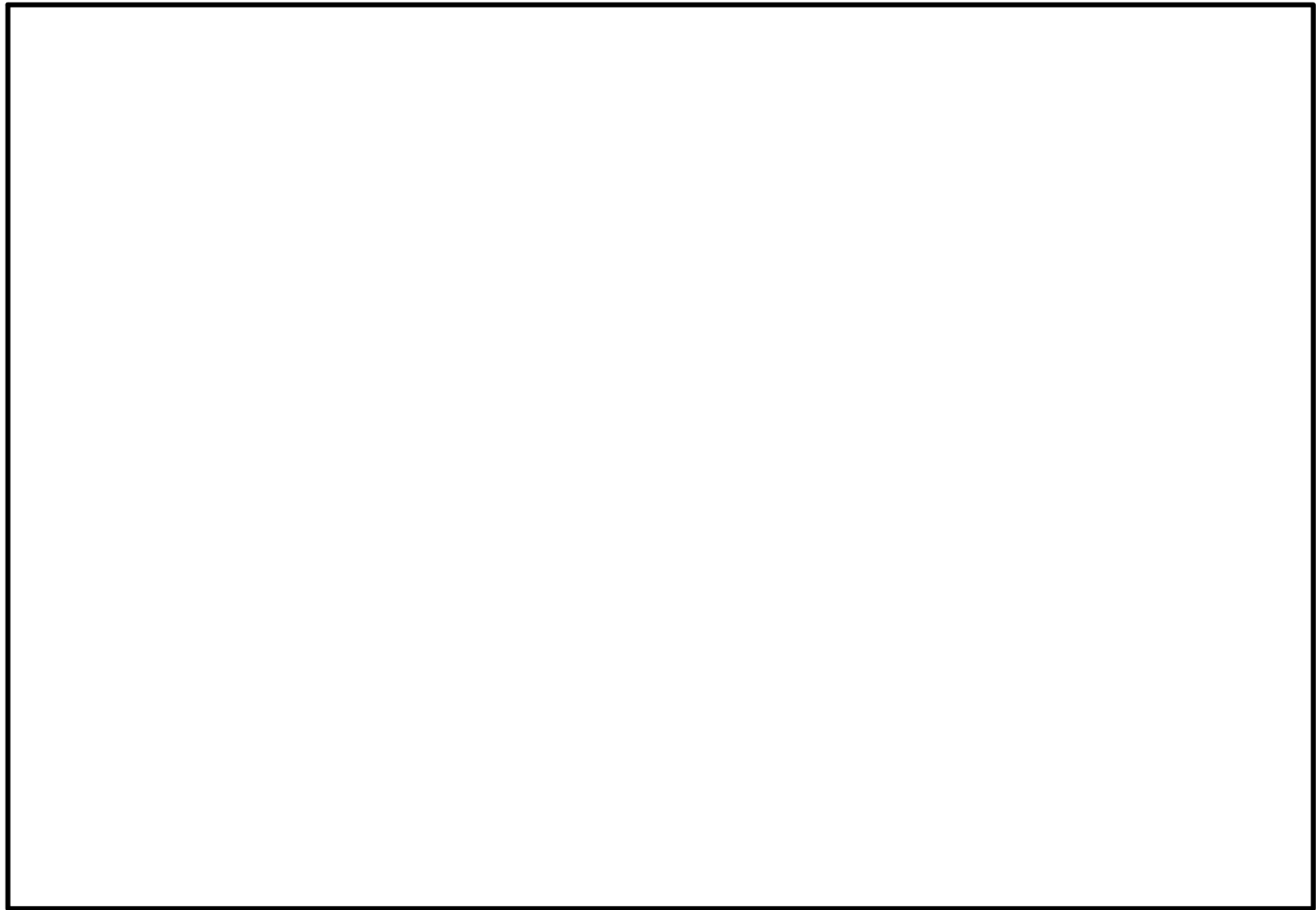
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Buje 01</b>			Plano No.	13 / 24
2,5:1				Material:	Brass, Soft Yellow, Welded
				Sustituido por:	



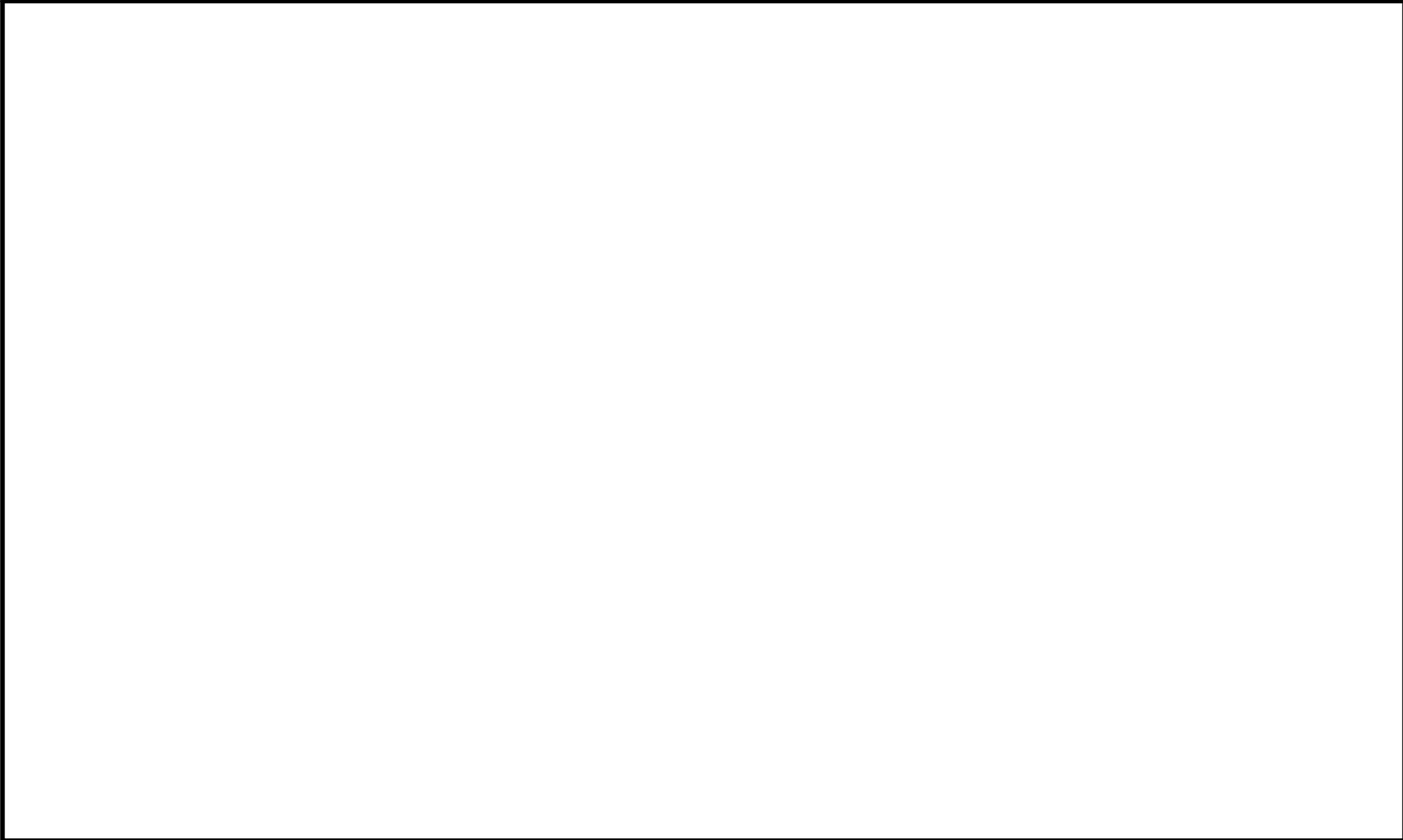
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Cuerpo base del Patín</b>			Plano No.	14 / 24
2:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



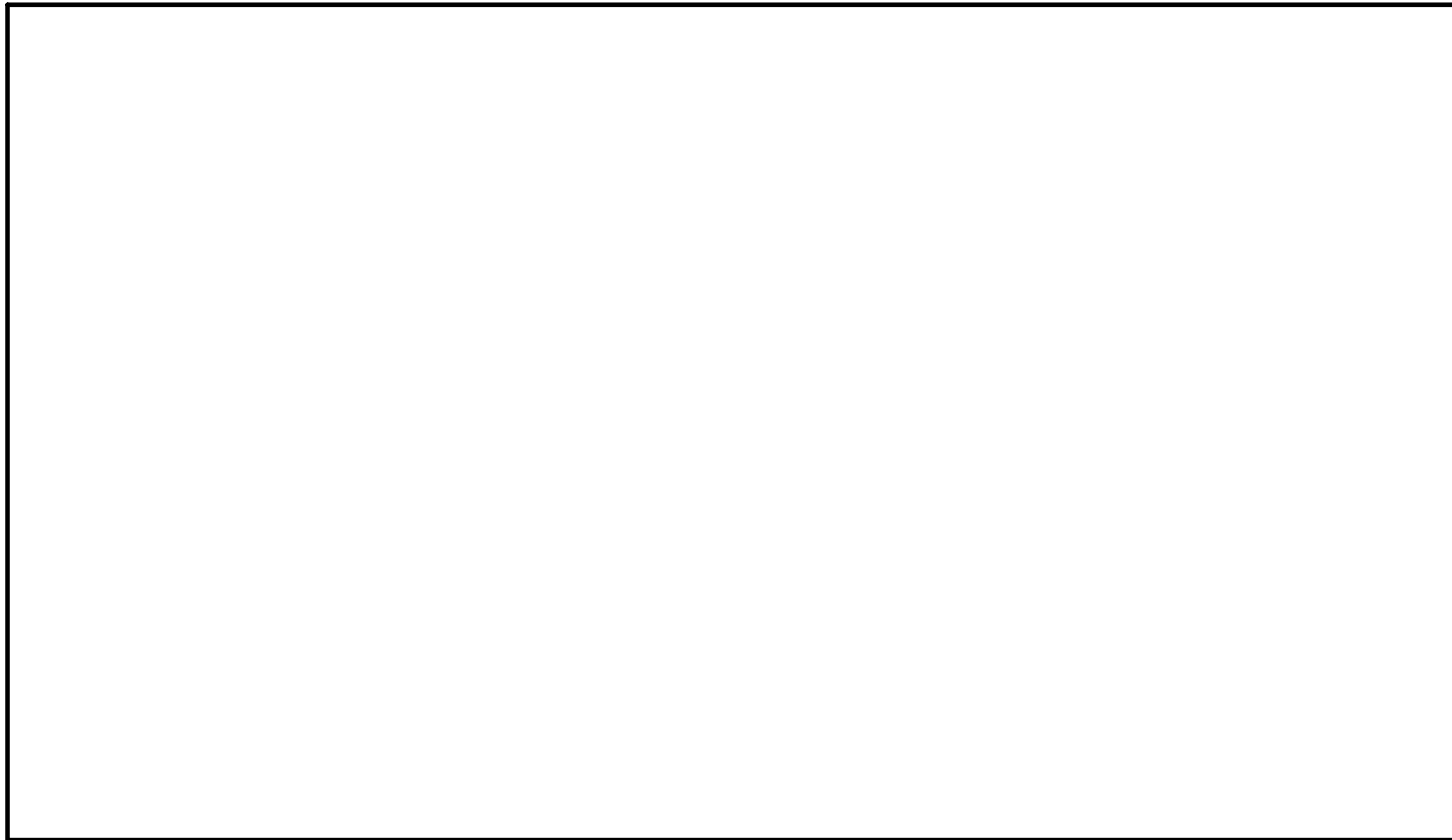
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No.	15 / 24
Comprobado				Material:	Steel, Carbon
Escala	<b>Pletina de apoyo del Patín</b>			Sustituido por:	
2:1					



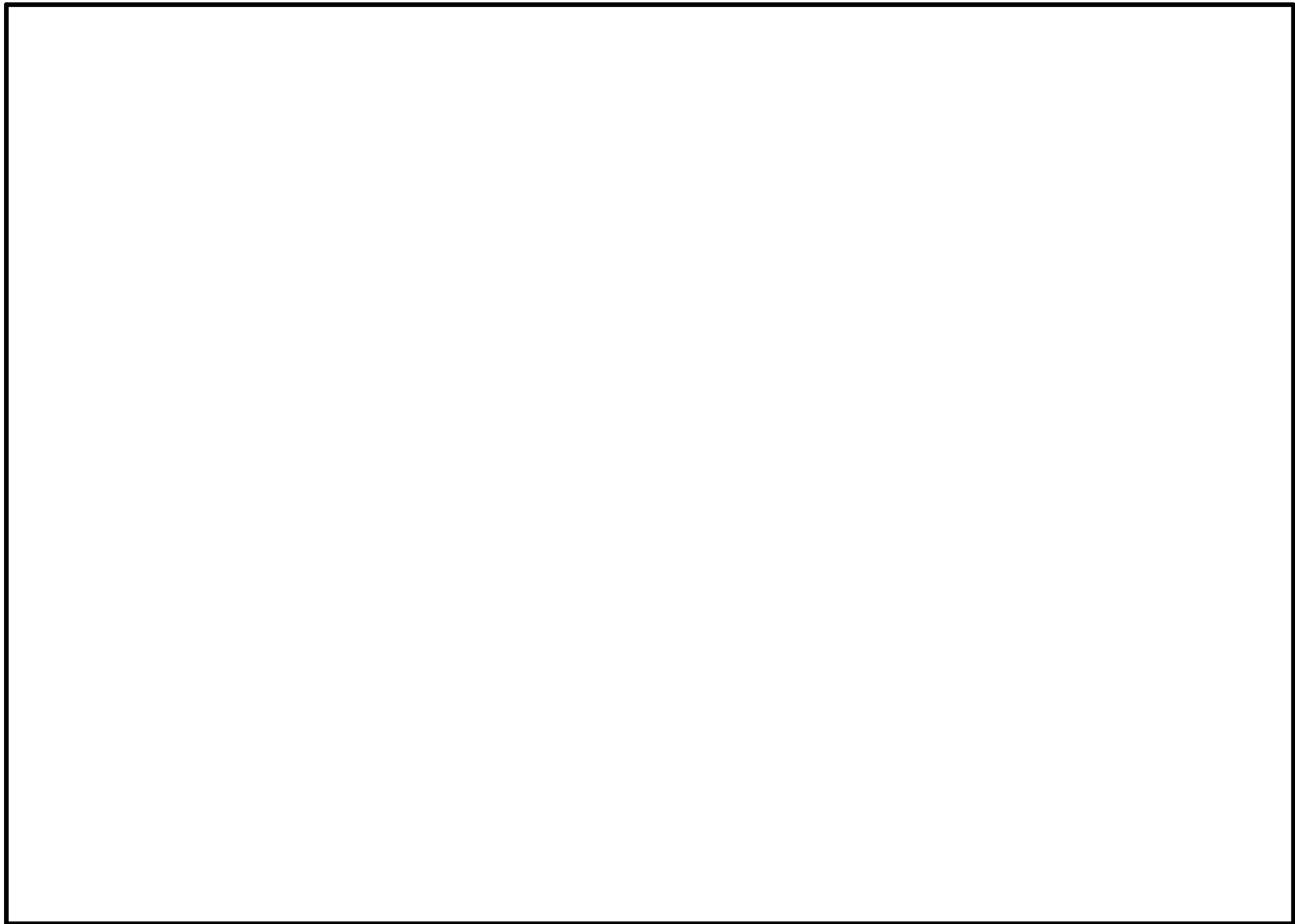
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No.	16 / 24
Comprobado				Material:	Steel, Carbon
Escala	<b>Eje 01</b>			Sustituido por:	
5:1					



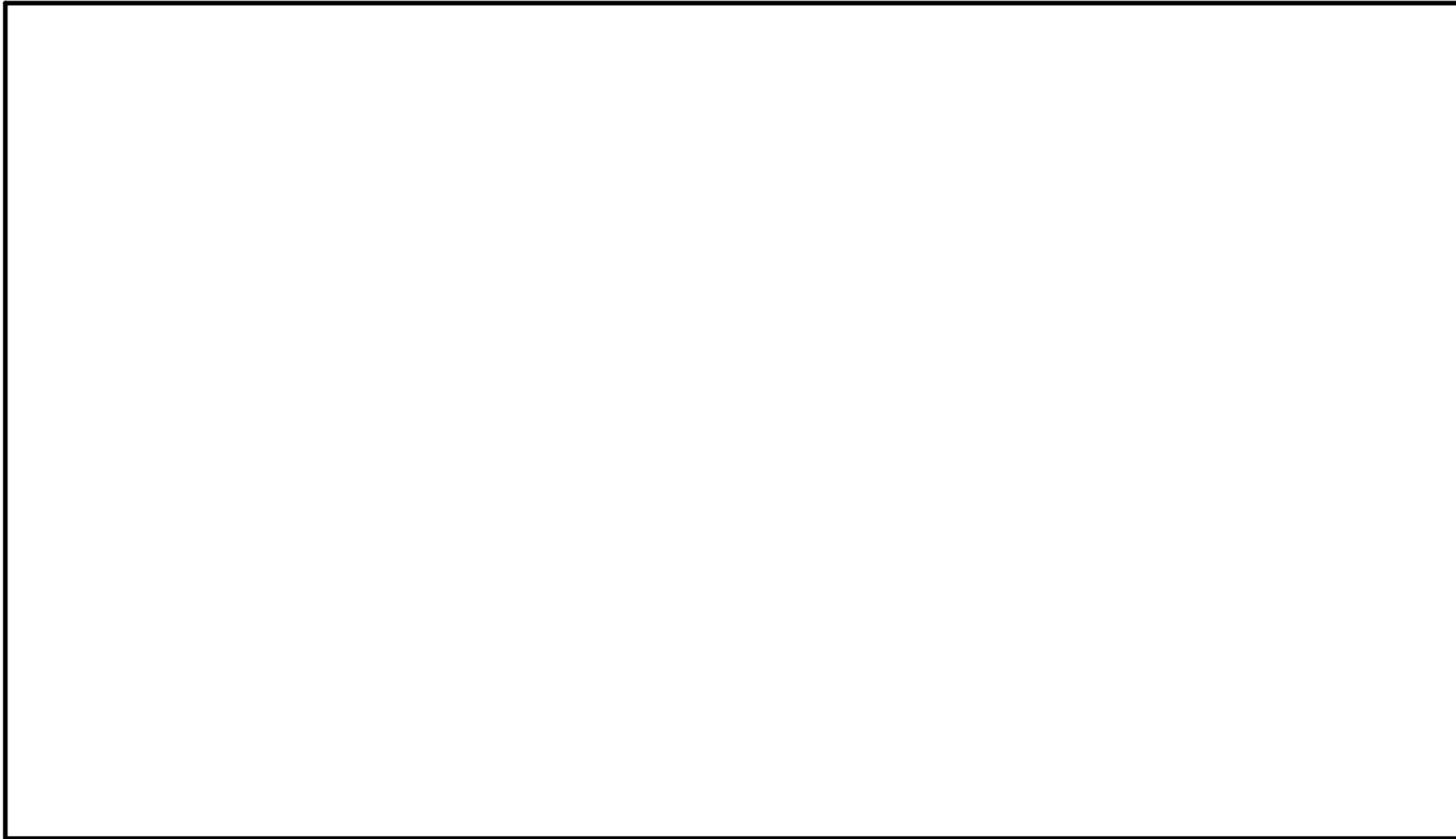
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Rueda 01</b>			Plano No.	17 / 24
5:1				Material:	Nylon 6/6
				Sustituido por:	



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Pletina para ejes del Patín</b>			Plano No.	18 / 24
1,5:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	

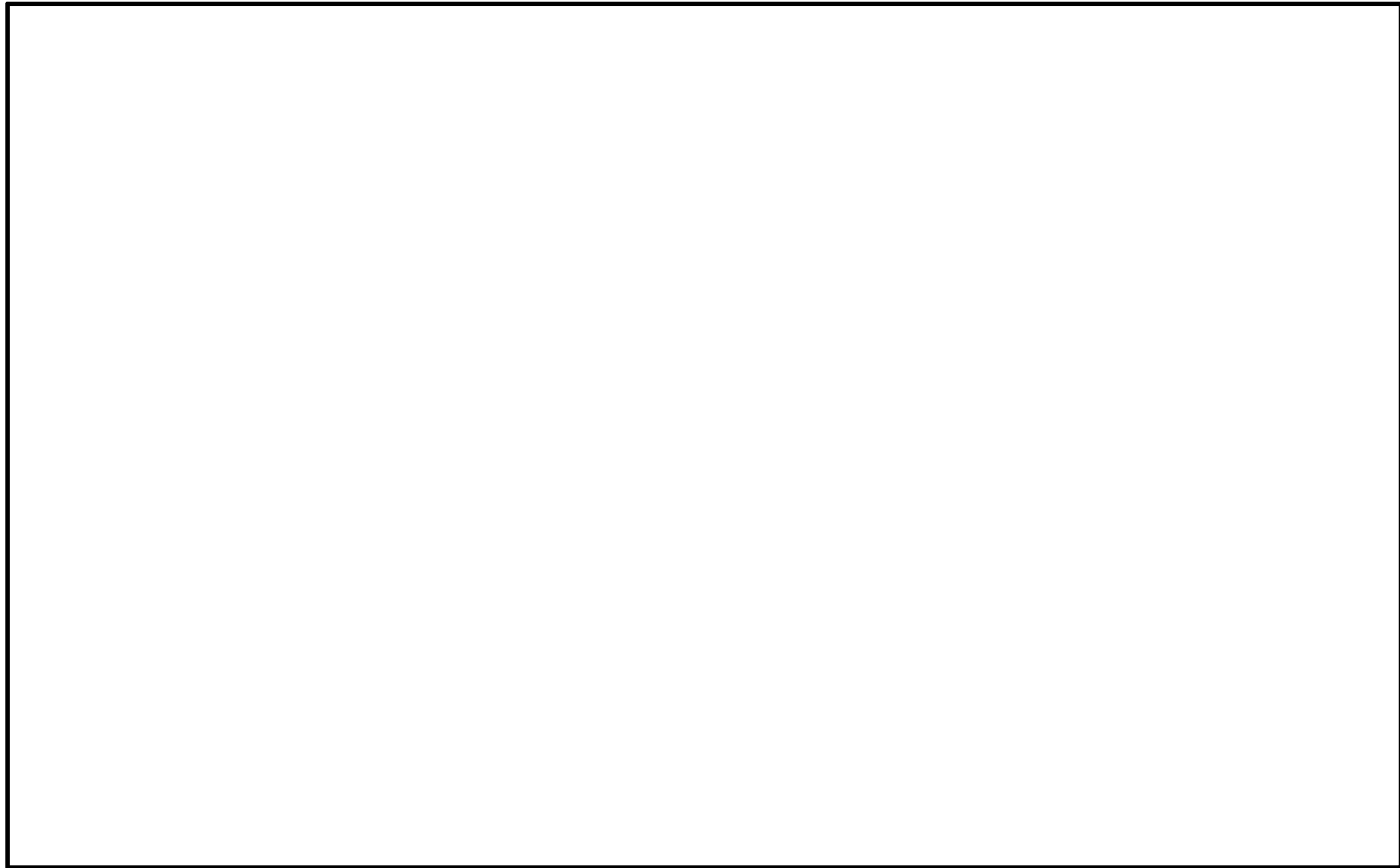


	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No.	19 / 24
Comprobado				Material:	Steel, Carbon
Escala	<b>Eje 02</b>			Sustituido por:	
5:1					

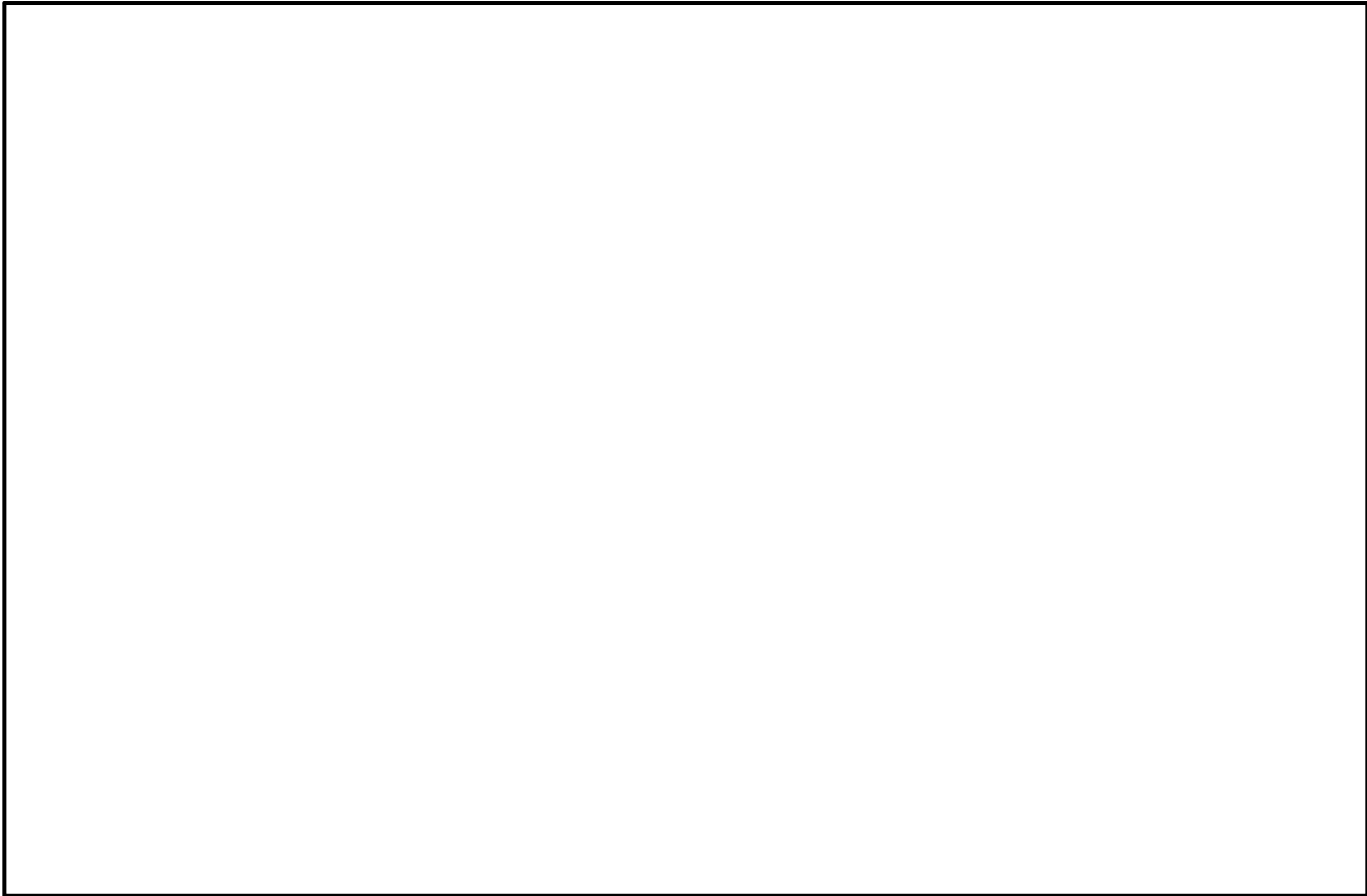


	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No.	20 / 24
Comprobado				Material:	Nylon 6/6
Escala	<b>Rueda 02</b>			Sustituido por:	
2.5:1					

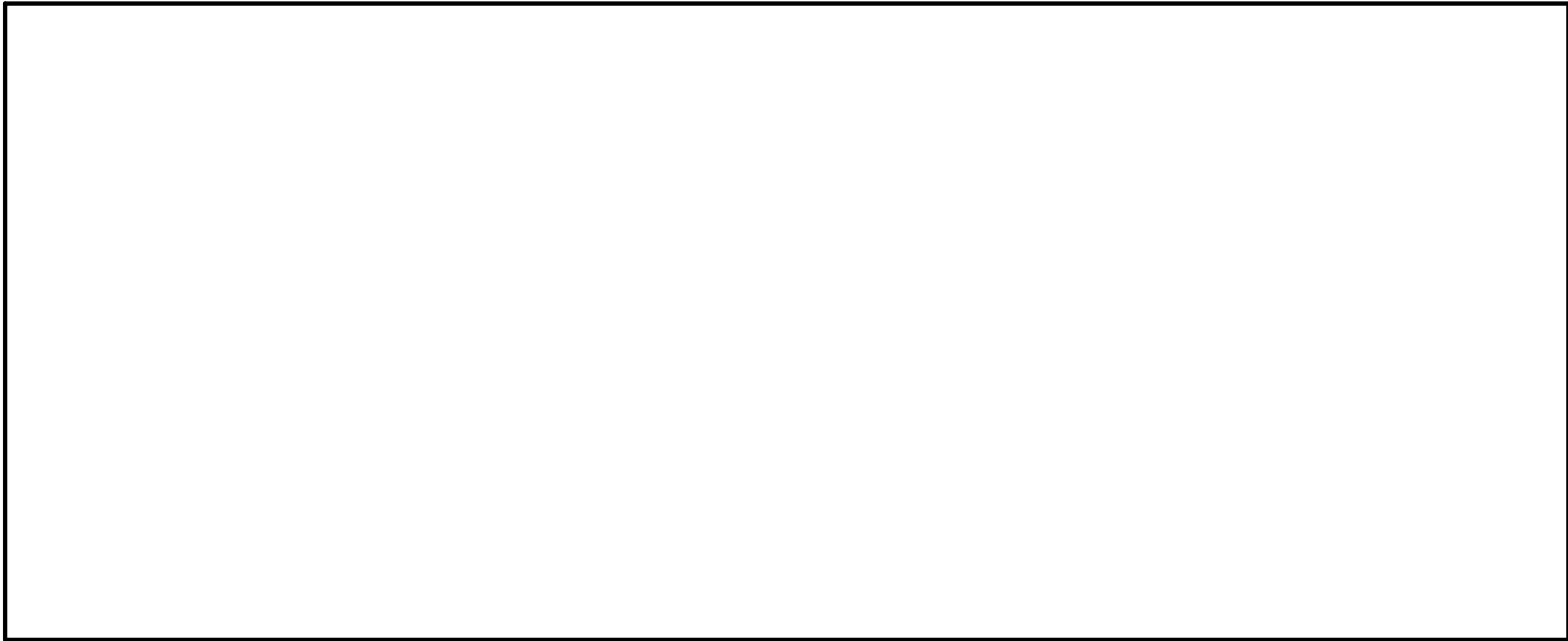




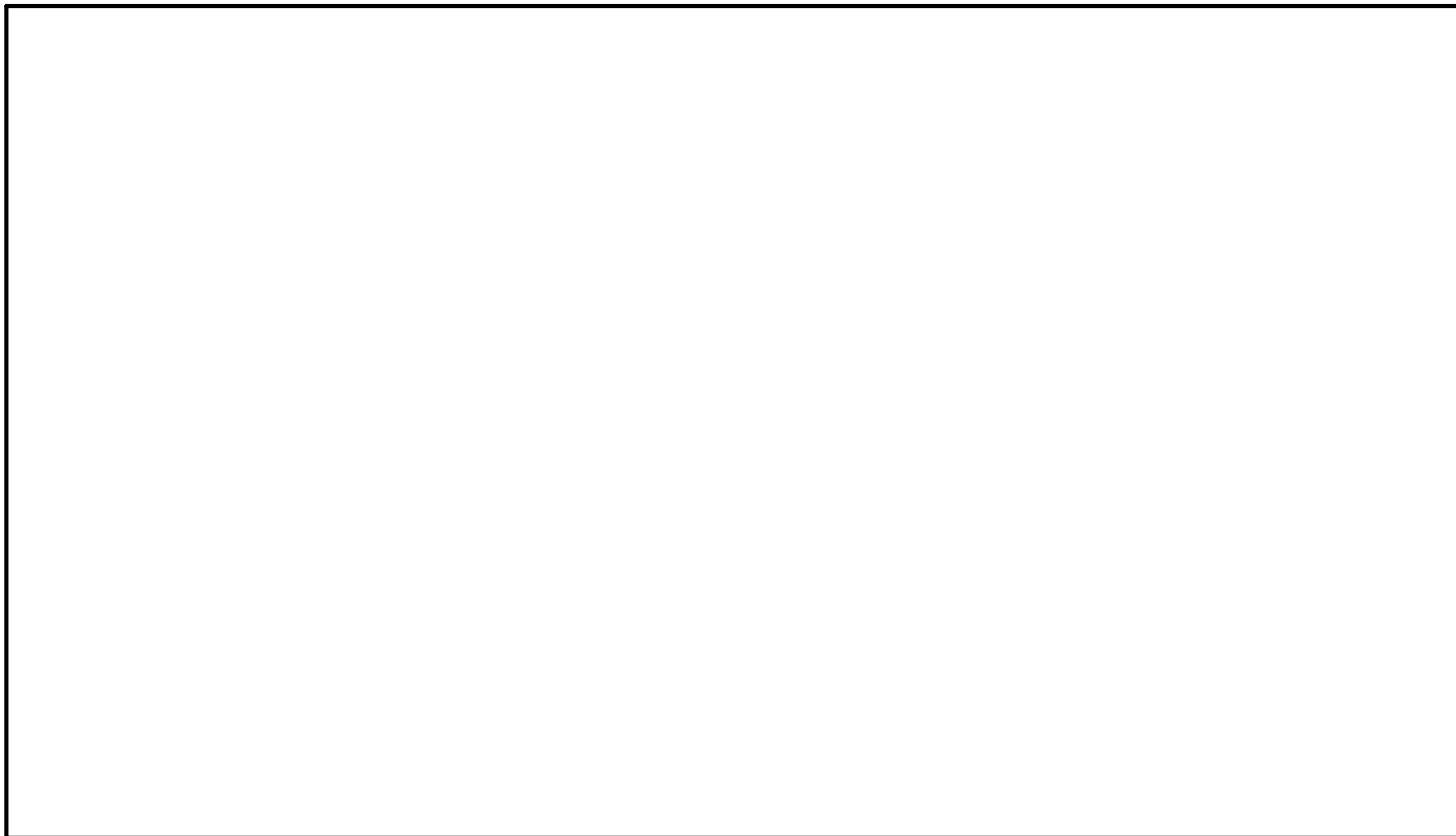
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Buje 02</b>			Plano No.	21 / 24
5:1				Material:	Brass, Soft Yellow, Welded
				Sustituido por:	



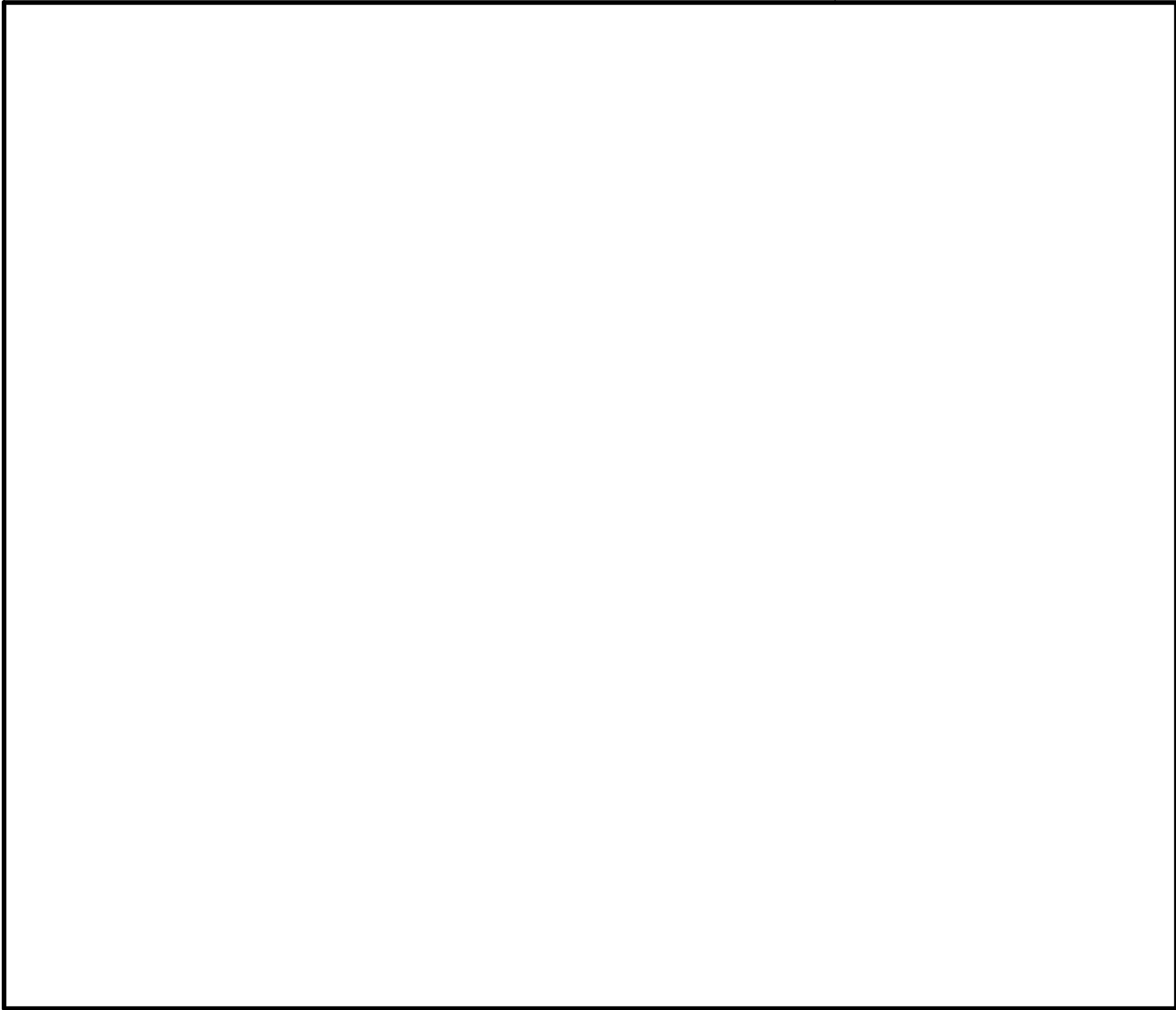
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No.	22 / 24
Comprobado				Material:	
Escala	<b>Asa del Patín</b>			Sustituido por:	
1:1.5					



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Eje 04</b>			Plano No.	23 / 24
5:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Anillo de Acople</b>			Plano No.	24 / 24
5:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



PARTS LIST	
DESCRIPTION	MATERIAL
	Acero al carbono
	Acero al carbono
or	Acero al carbono
x 20	Acero al carbono (pavonado)
carga	
a ISO 7380-1 M3 x 70	Acero al carbono (pavonado)

	Fecha	Nombre	Firmas	UNIR UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No:	1 / 48
Comprobado				Material:	
Escala	<b>Máquina Tren Inferior</b>			Sustituido por:	
1:15					

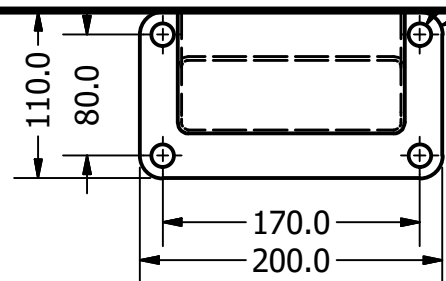
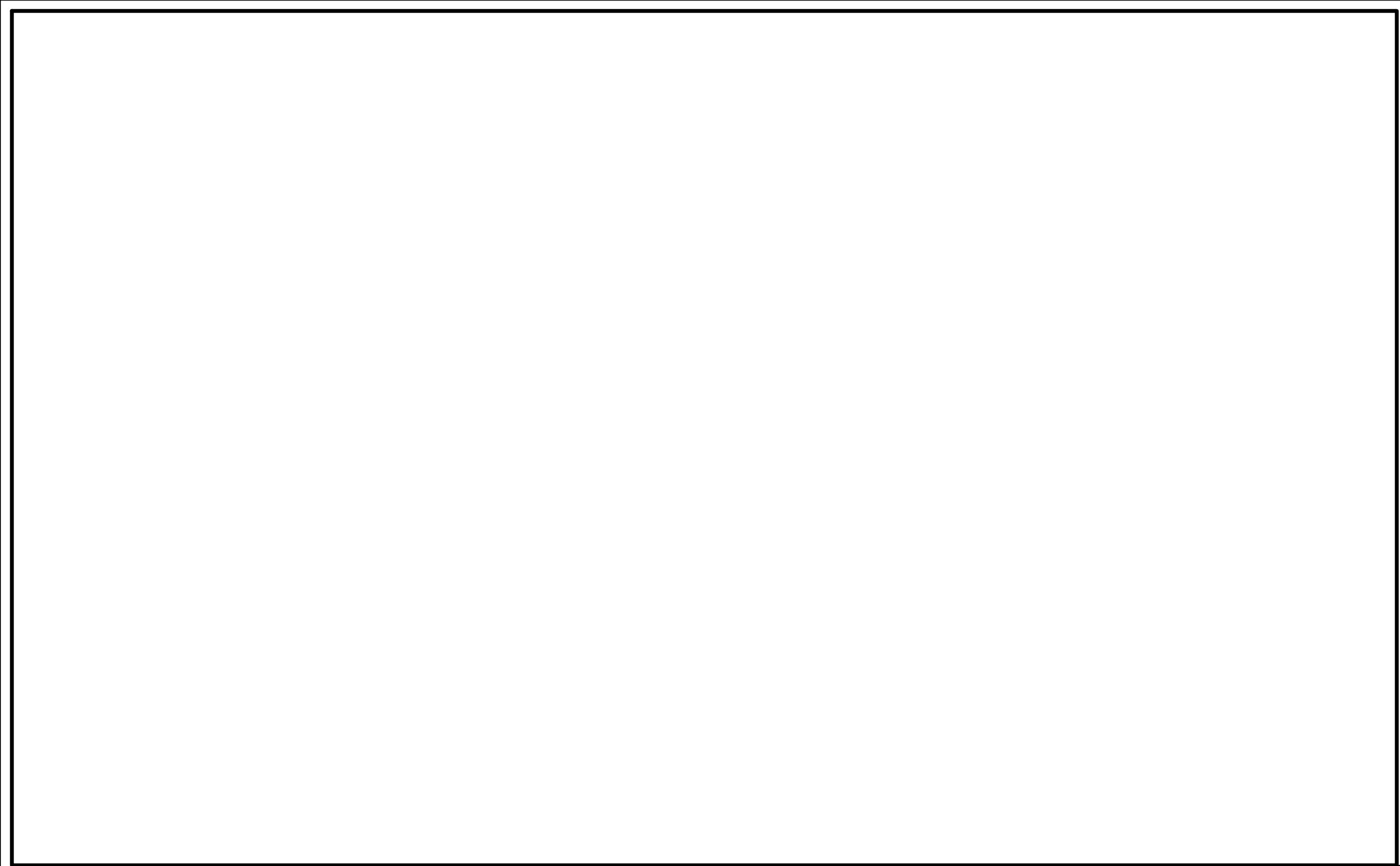


PARTS LIST

DESCRIPTION	MATERIAL
5 TF	Varios
	Goma
5-525 W10	Acero al carbono
da ISO 7380-1 M10 x 90	Acero al carbono (pavonado)
	Acero al carbono
	Acero al carbono
	Latón
	Latón

9	2	Anillo del eje pivote	
10	2	Sistema del respaldar	
11	16	Tornillo Allen avellanado M6 x 20	Acero al carbono (pavonado)
12	2	Mango protector	
13	1	Bastidor principal	Acero al carbono
14	4	Tornillo Allen avellanado M6 x 25	Acero al carbono (pavonado)
15	1	Mecanismo de apoyo para hombros 01	
16	2	Tornillo Allen M8 x 16	Acero al carbono
17	1	Mecanismo de apoyo para hombros 02	

	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Bastidor principal</b>			Plano No:	2 / 48
1:10				Material:	
				Sustituido por:	

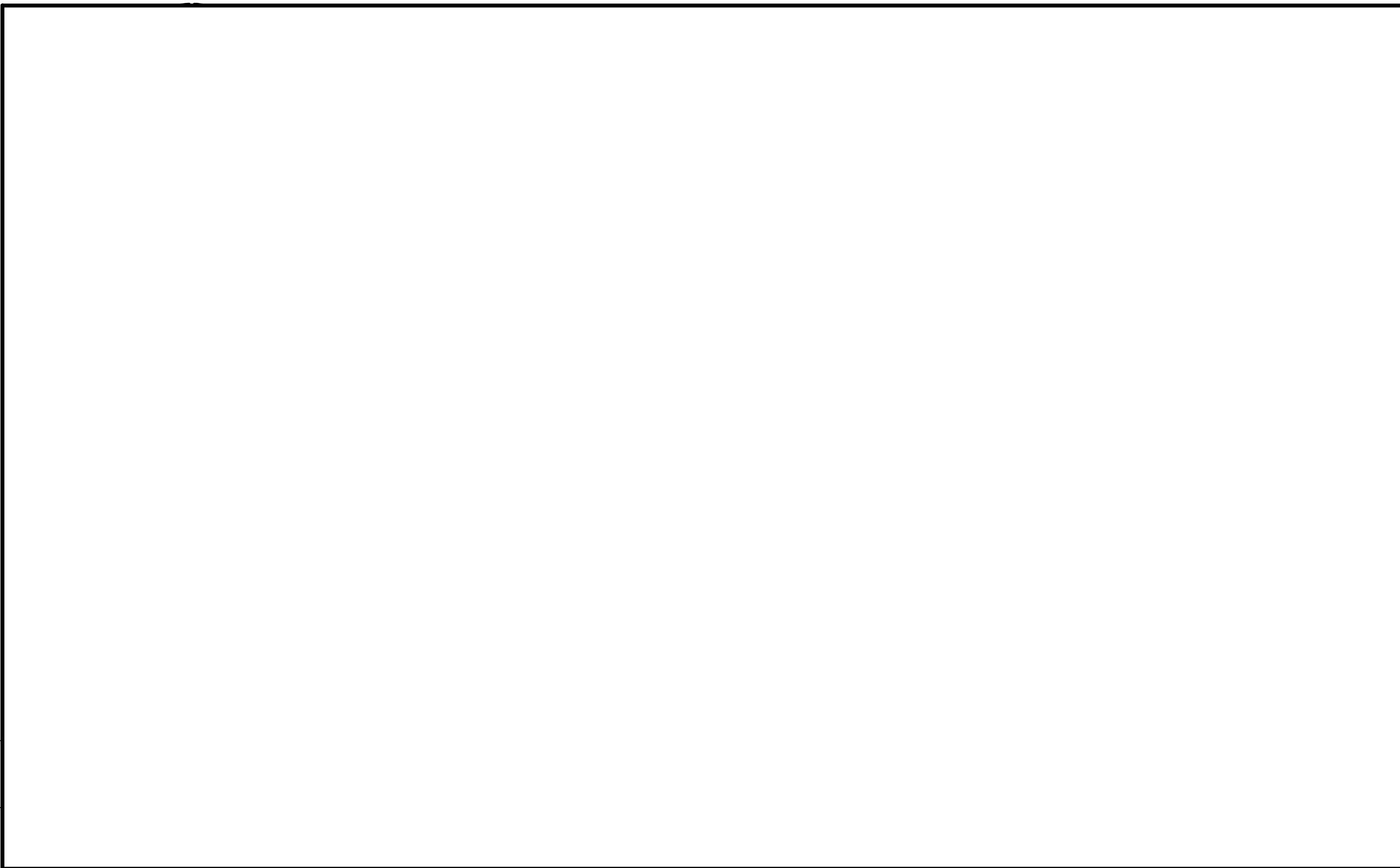


DETAIL A  
SCALE 1:5

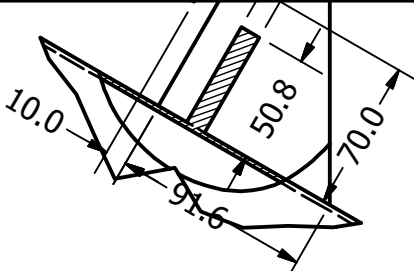
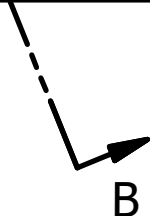
	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo	
Comprobado			
Escala	1:10		

UNIR UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Plano No:	3 / 48
Material:	Steel, Carbon
Sustituido por:	

**Bastidor Principal**



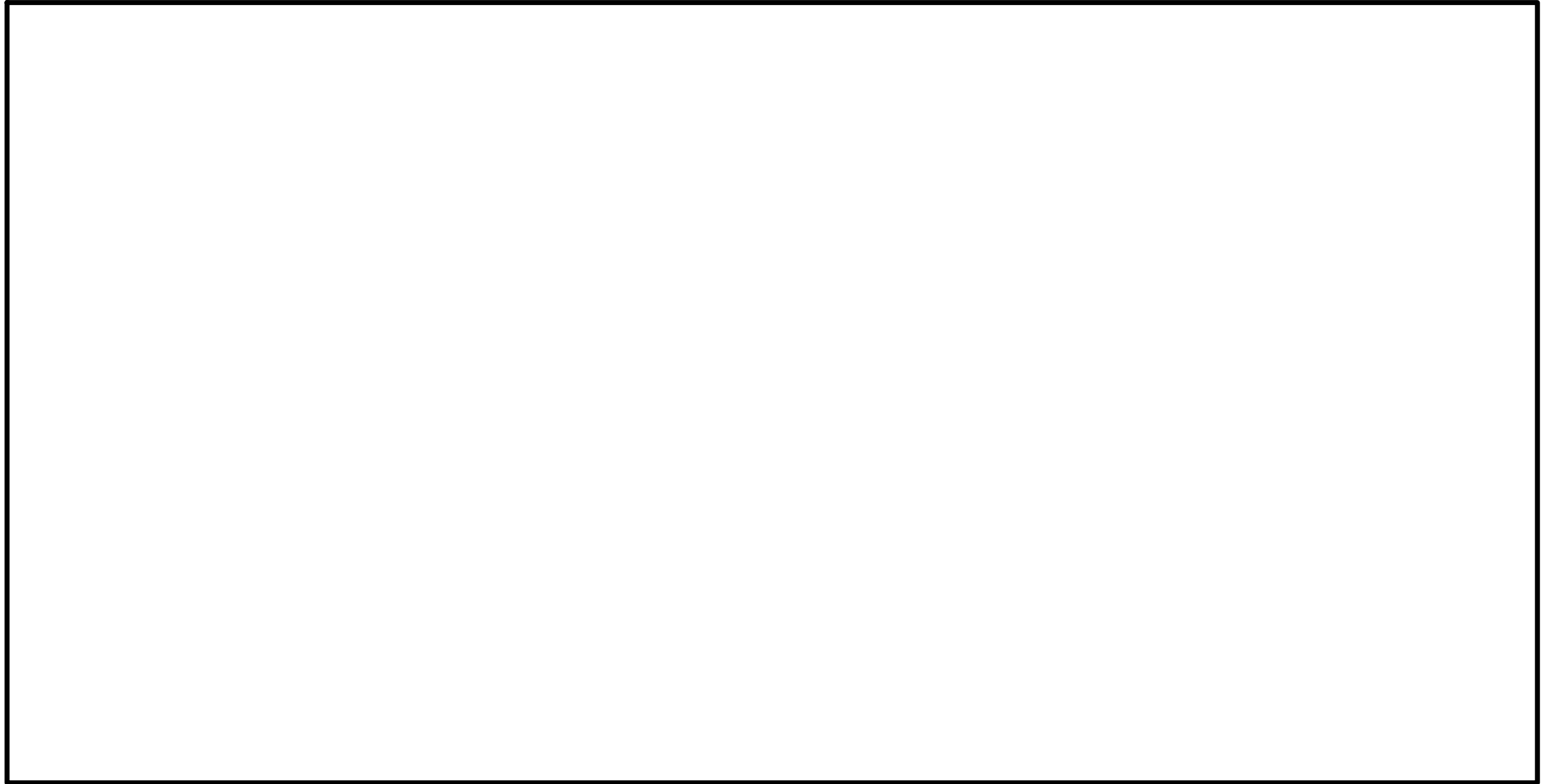
DETAIL I  
SCALE 1:3.5



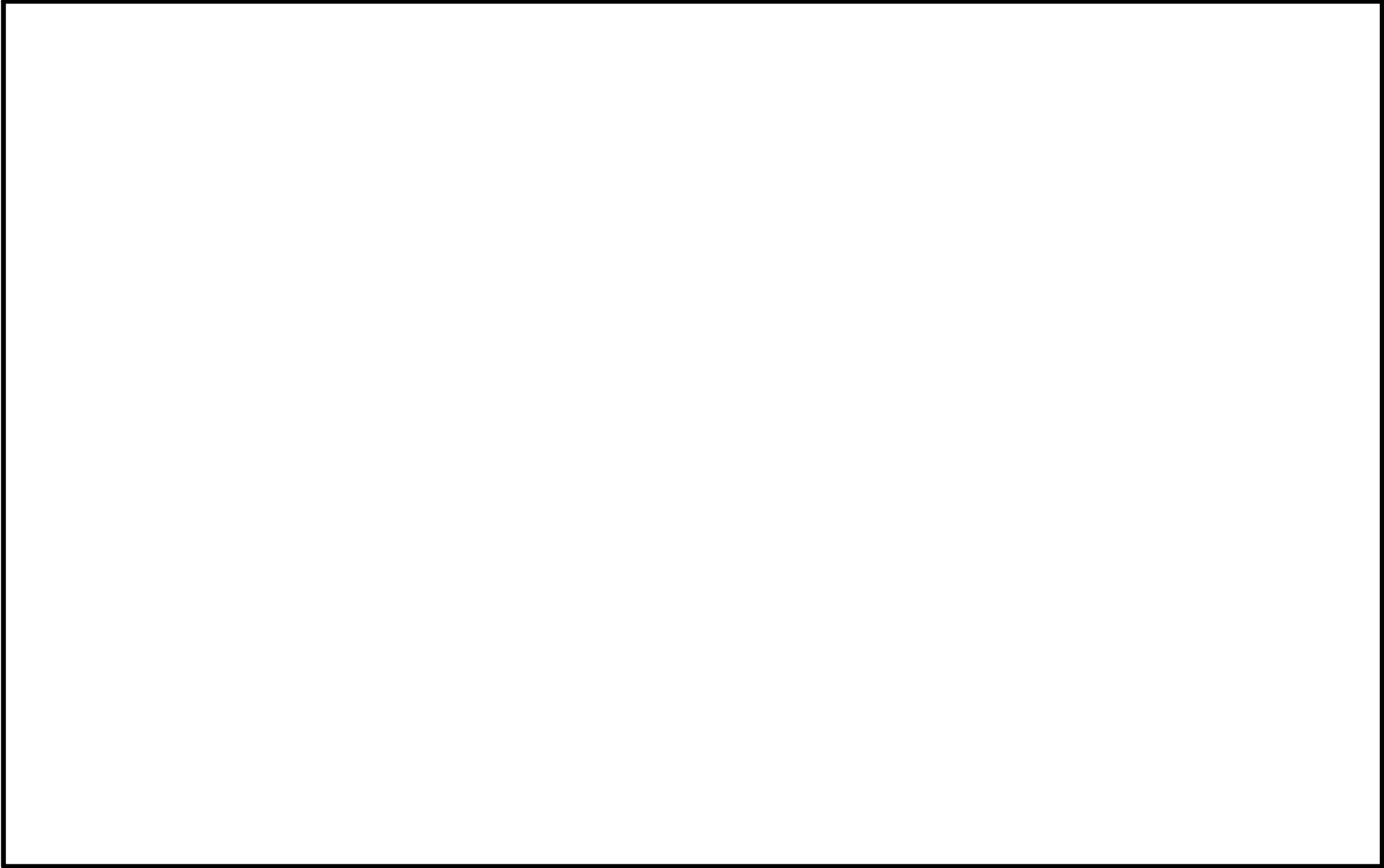
	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo	
Comprobado			
Escala	<b>Bastidor Principal</b>		
1:10			

<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Plano No:	4 / 48
Material:	Steel, Carbon
Sustituido por:	

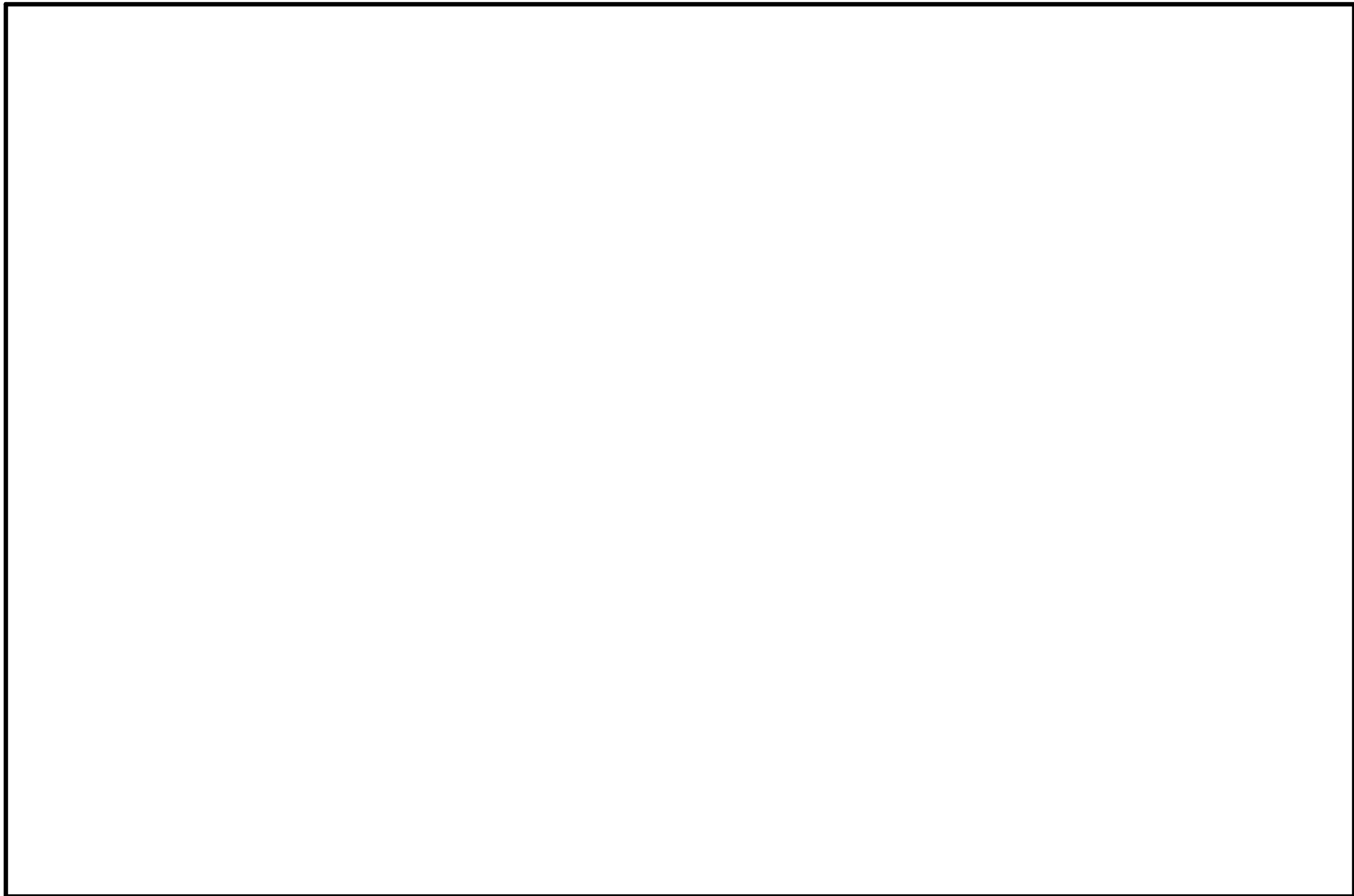




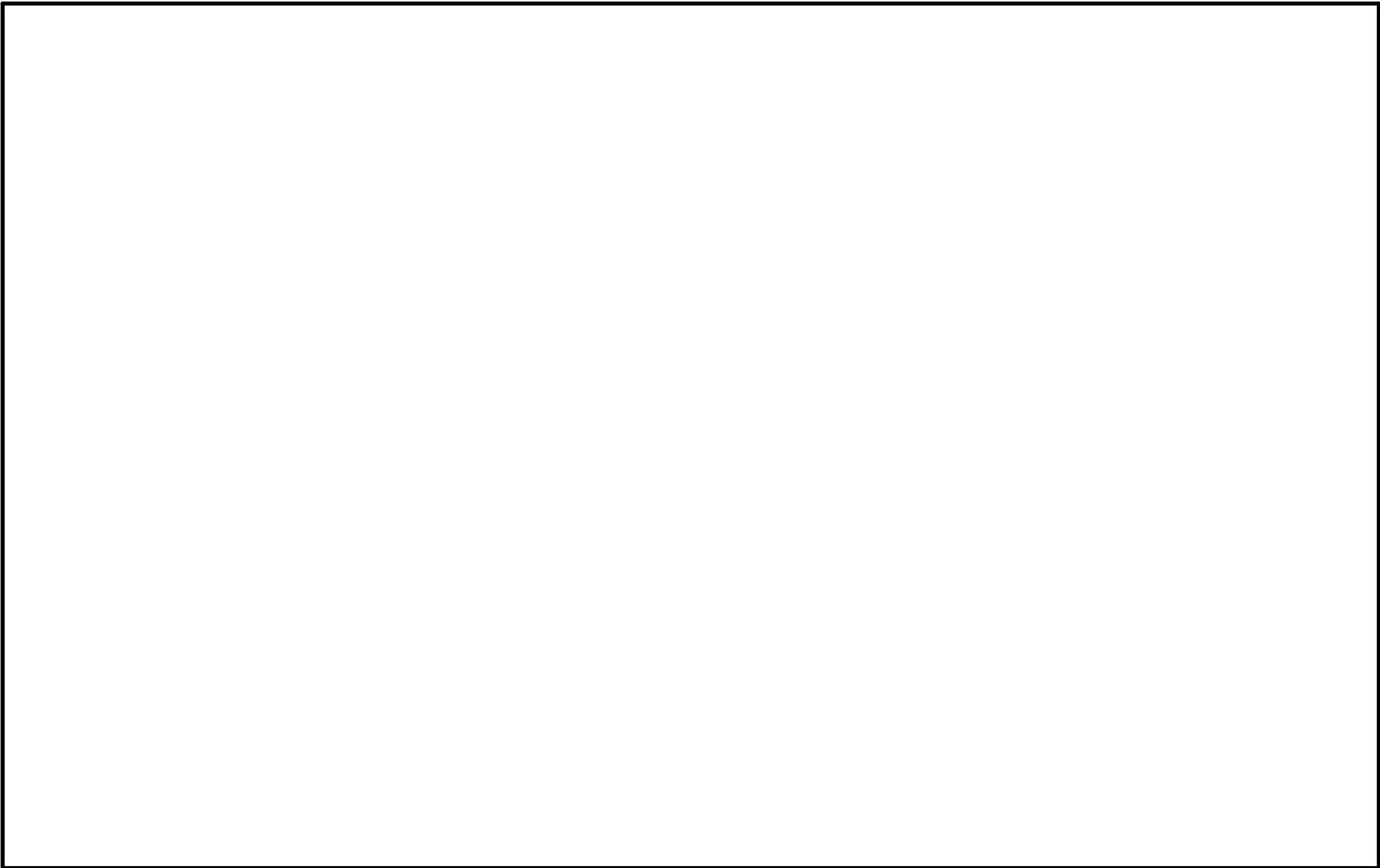
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Bastidor Principal</b>			Plano No:	5 / 48
1:7.5				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Brazo Pivote</b>			Plano No:	6 / 48
1:2.5				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	

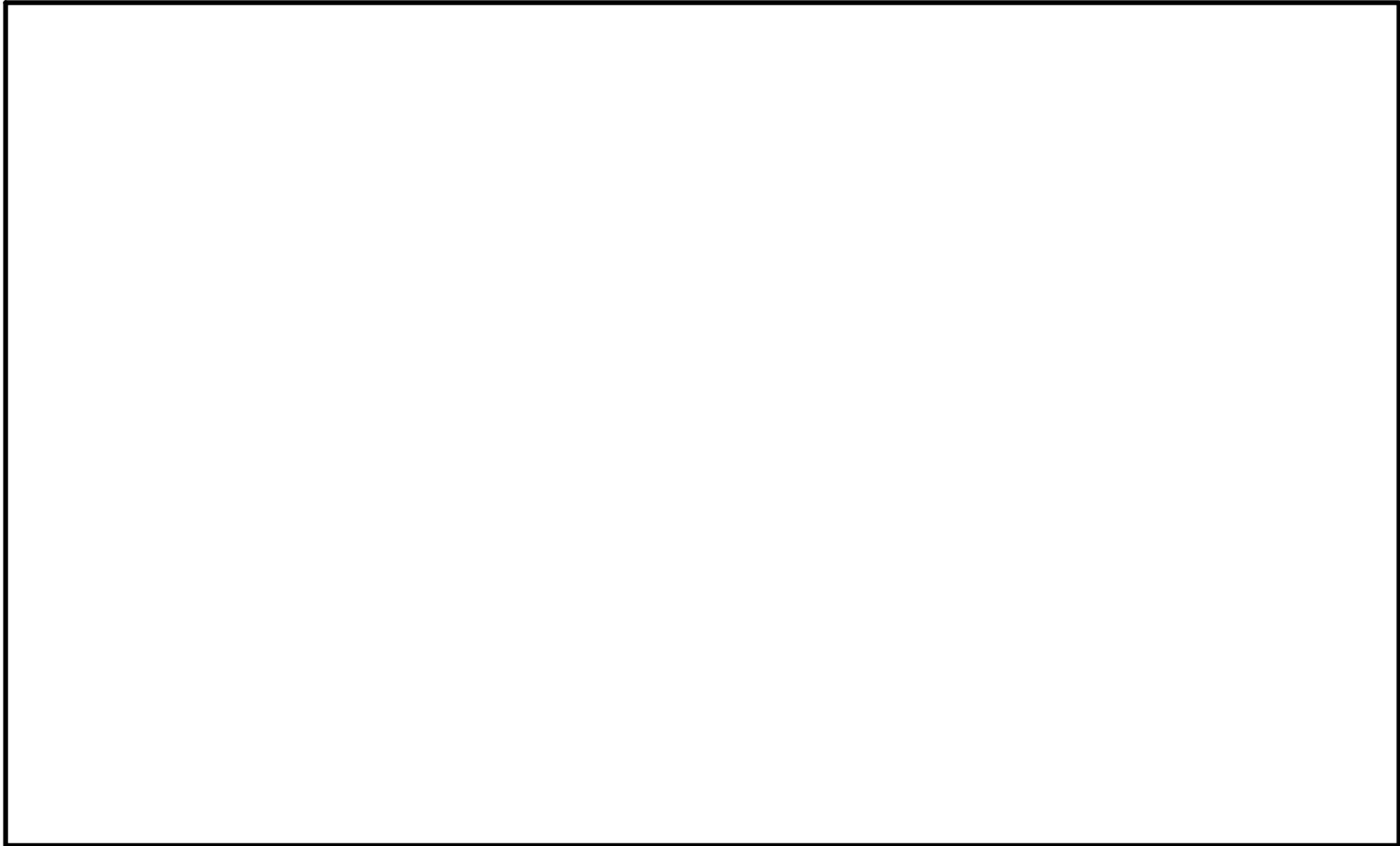


	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No:	7 / 48
Comprobado				Material:	Rubber
Escala	<b>Tope de Goma</b>			Sustituido por:	
1:1					

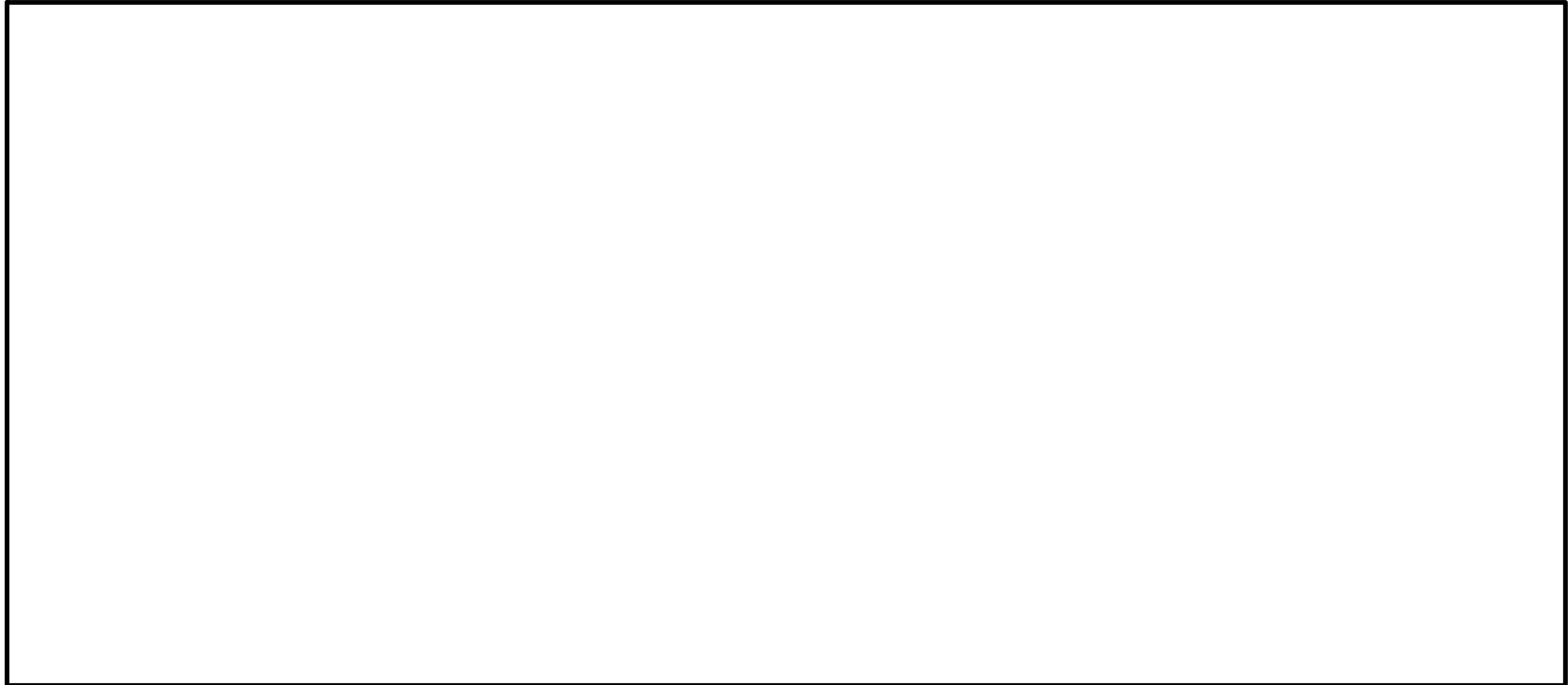


DETAIL L  
SCALE 1,5:1

	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No:	8 / 48
Comprobado				Material:	Polypropylene
Escala	<b>Asiento</b>			Sustituido por:	
1:2					



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Anillo de Acople con el Bastidor</b>			Plano No:	9 / 48
2.5:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Eje de Acople con el Bastidor</b>			Plano No:	10 / 48
2:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	

PARTS LIST

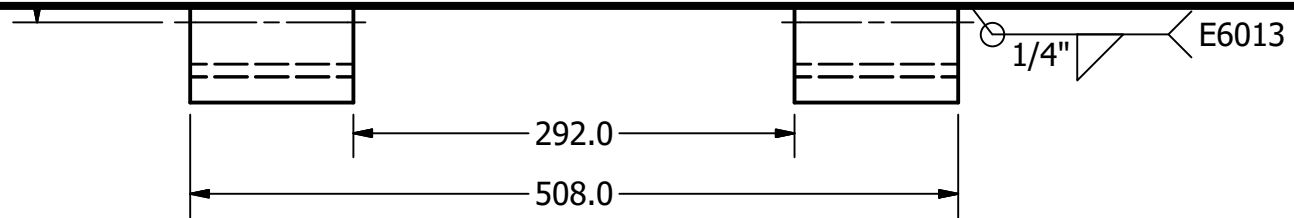
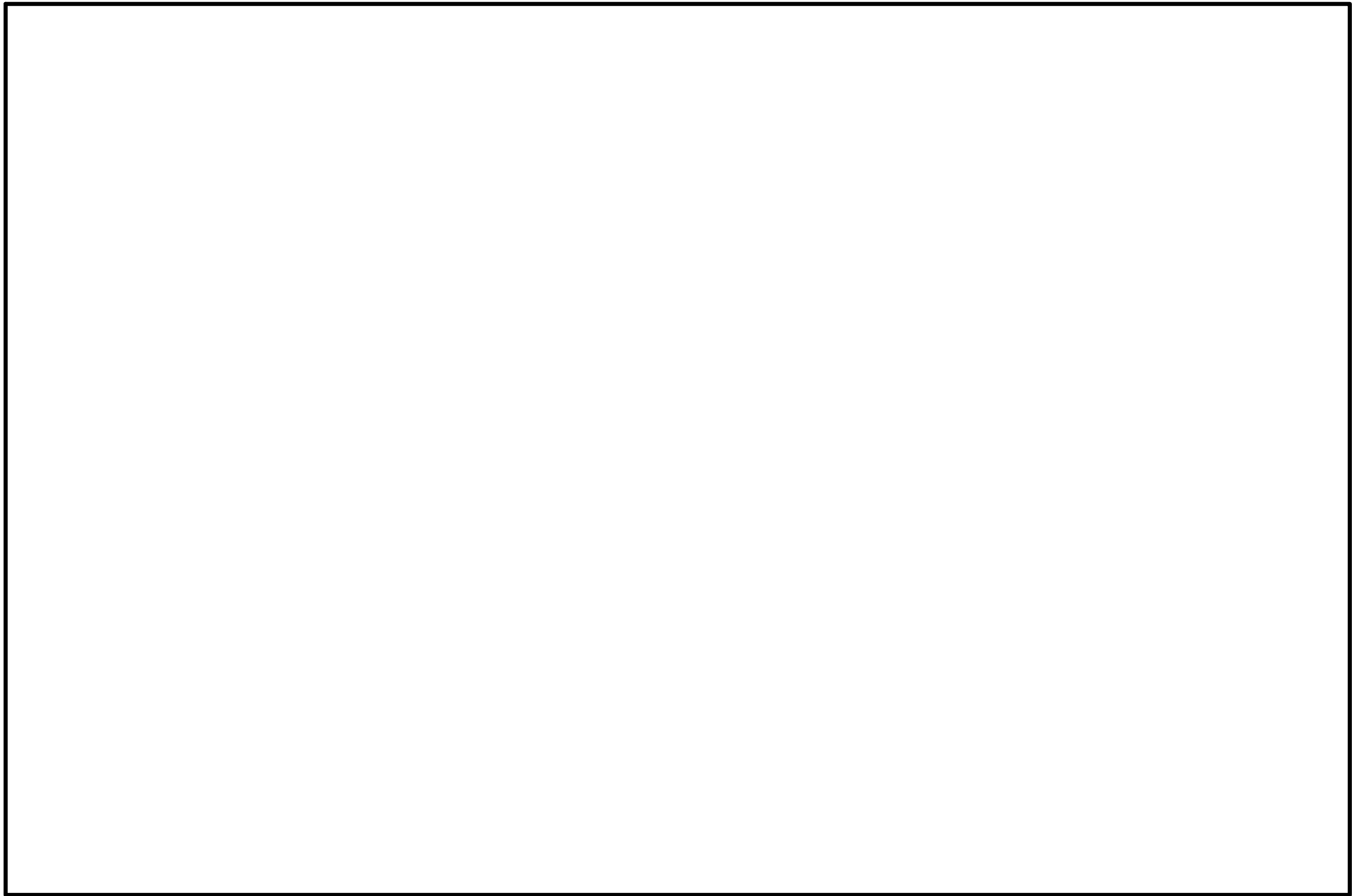
N	MATERIAL
	Acero al carbono
	Acero al carbono
Carga	
	Acero al carbono
	Acero al carbono
8 x 150	Acero al carbono (pavonado)
	Acero al carbono
	Acero al carbono

**UNIR**  
UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

Plano No:	11 / 48
Material:	
Sustituido por:	

1:6

**Sistema de Carga**



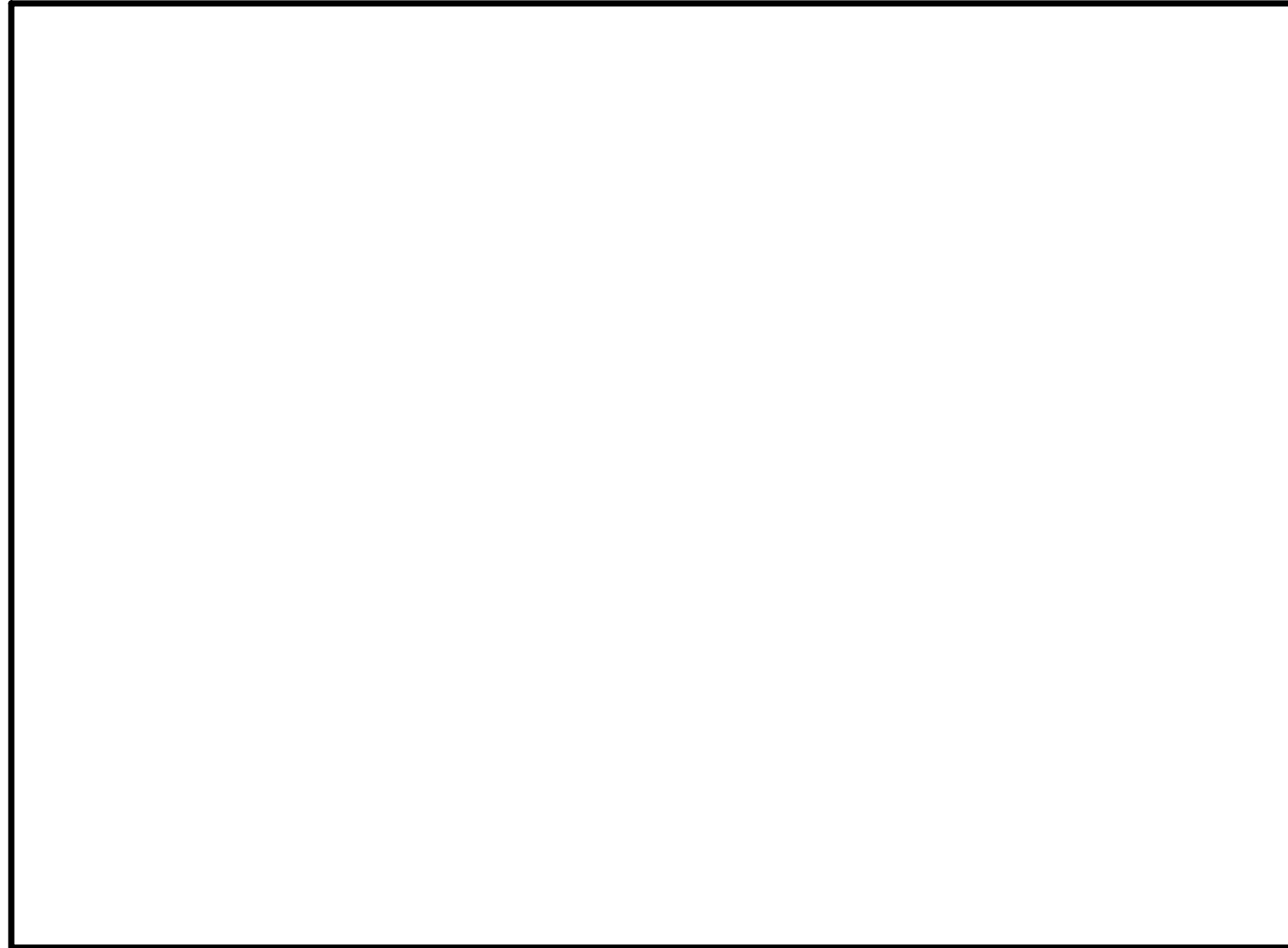
	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo	
Comprobado			

Escala  
1:5

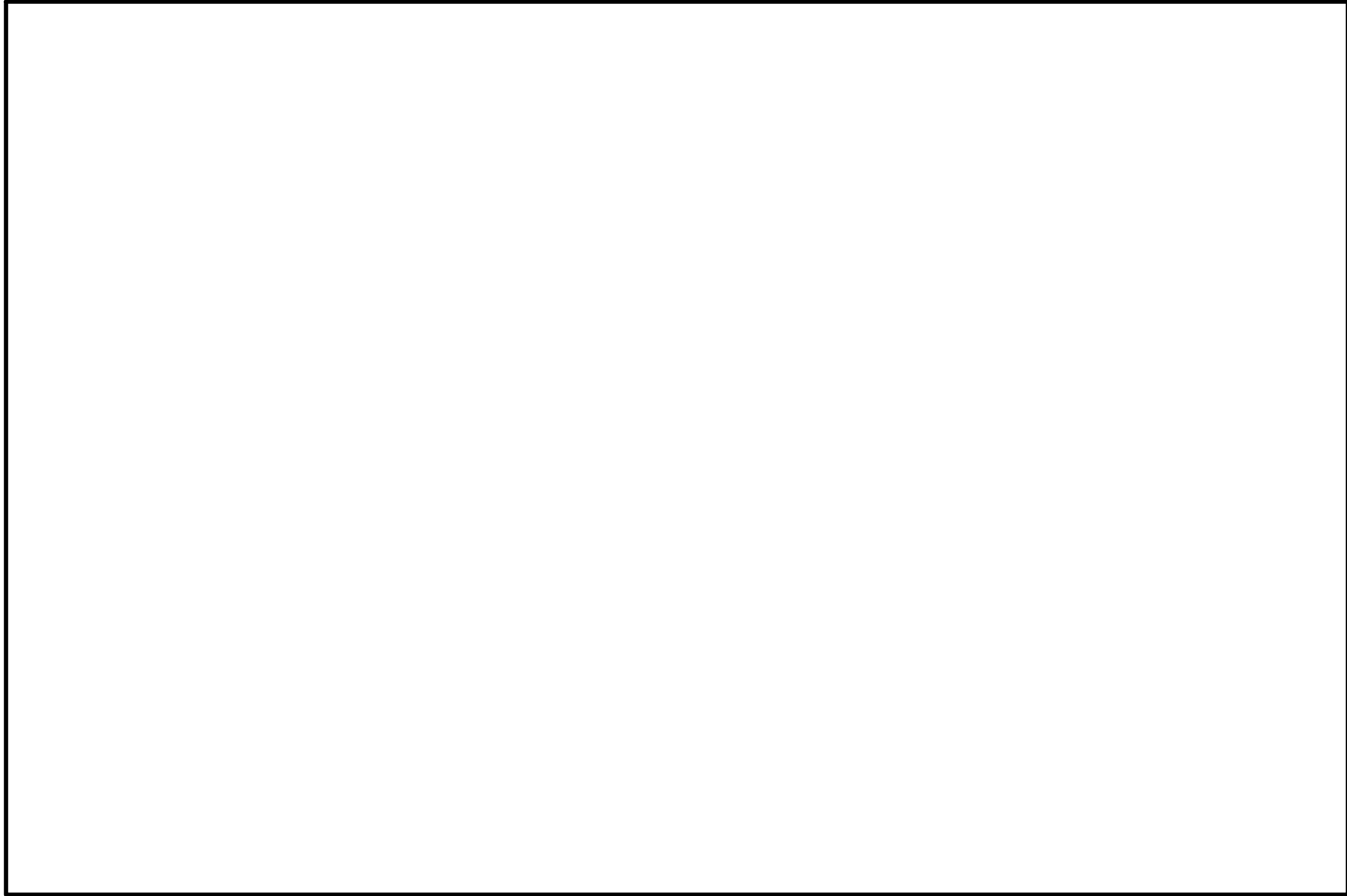
**Brazo Principal**

<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Plano No:	12 / 48
Material:	Steel, Carbon
Sustituido por:	



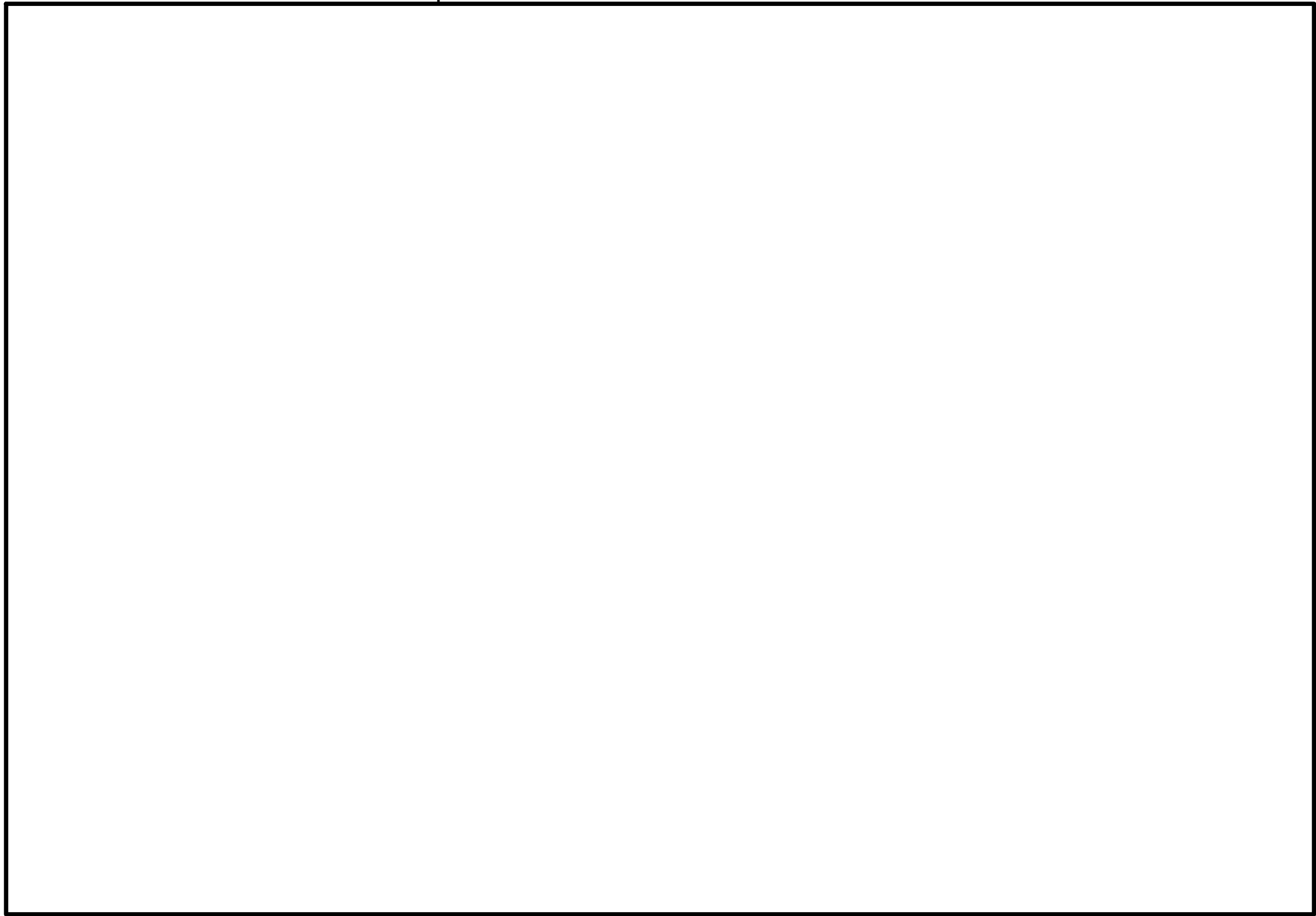


	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Eje Pivote</b>			Plano No:	13 / 48
2:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Disco Primario 01</b>			Plano No:	14 / 48
1:2.5				Material:	Steel, Cast
				Sustituido por:	

T



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No:	15 / 48
Comprobado				Material:	Steel, Cast
Escala	<b>Disco Secundario 01</b>			Sustituido por:	
1:2.5					

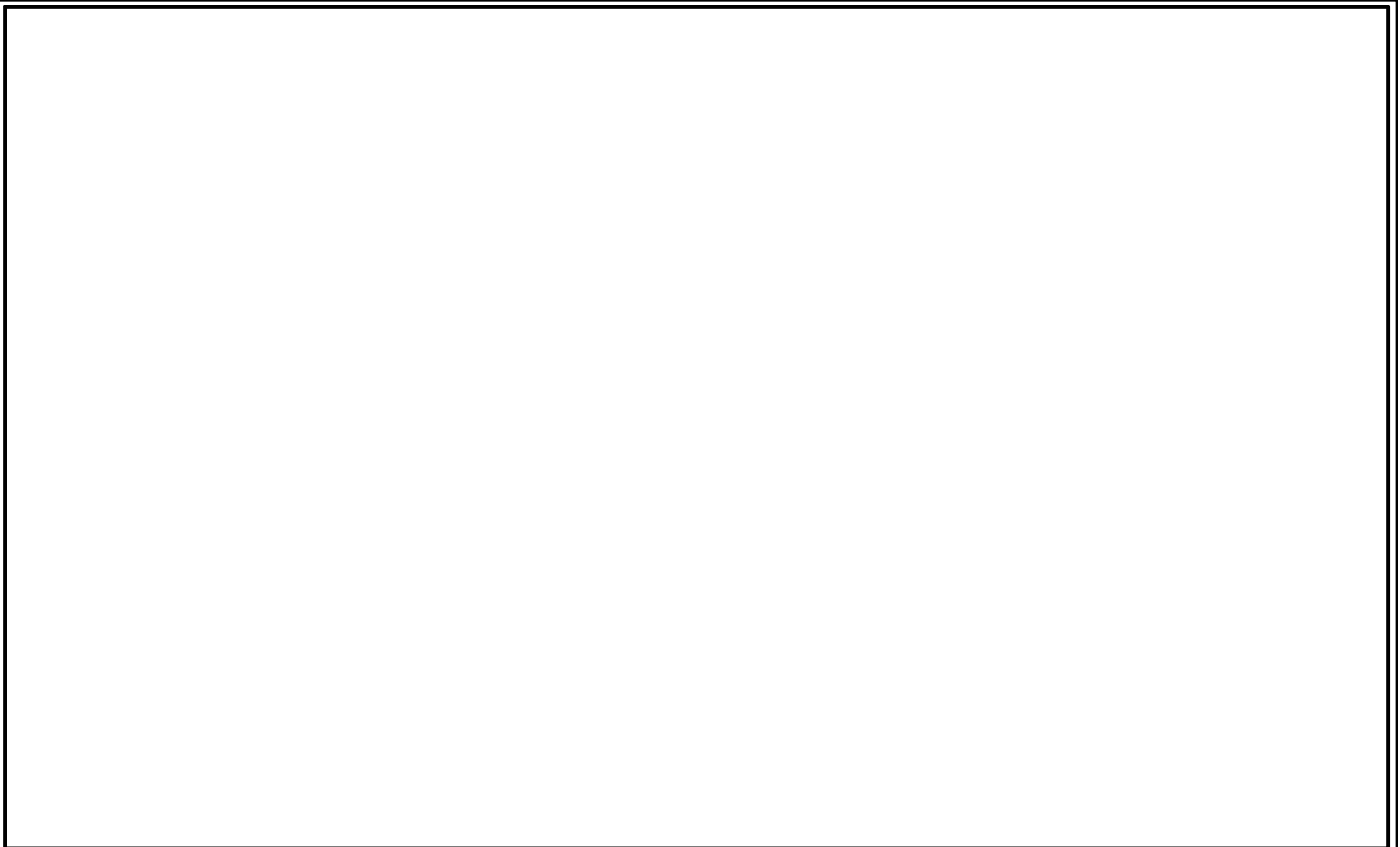
PARTS LIST

ITEM	QTY	DESCRIPTION
1	1	Carcasa protectora 01
2	1	Carcasa protectora 02
3	1	Tapa de la tuerca selectora
4	1	Pin guia
5	1	Tuerca del pin guia
6	4	Tornillo Allen avellanado M6 x 16
7	4	Tornillo Allen M6 x 25
8	1	Tuerca selectora
9	1	Tornillo selector
10	4	Palanca
11	1	Resorte del pin guia
12	1	O-Ring AS 2842 - 042
13	1	O-Ring AS 2842 - 040

Acero al carbono (pavonado)
Acero al carbono
Acero al carbono
Acero al carbono
Acero al carbono
Goma
Goma

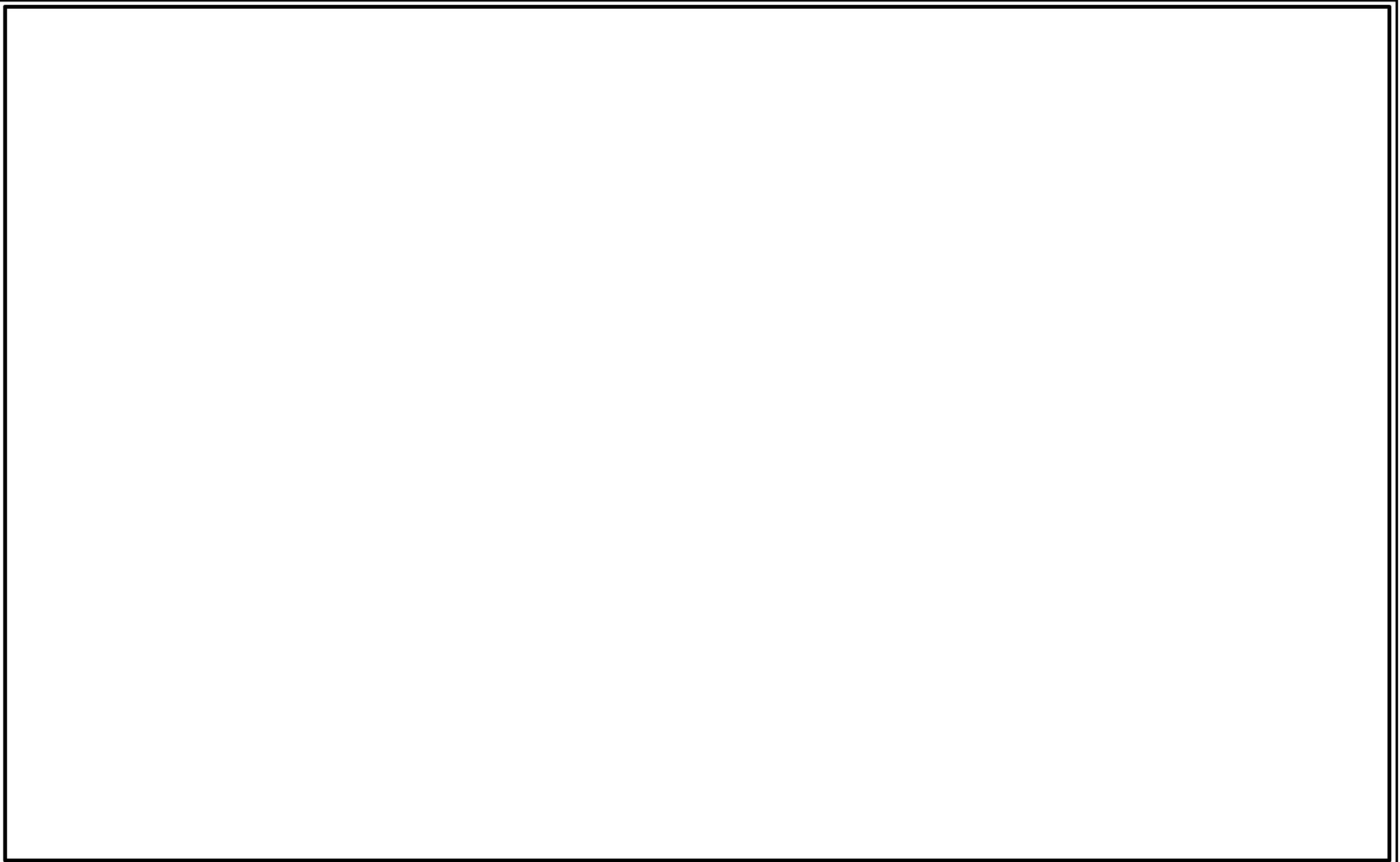
	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo	
Comprobado			
Escala	<p align="center"><b>Sistema de selección de Carga</b></p>		
1:2			

<p><b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</p>	
Plano No:	16 / 48
Material:	
Sustituido por:	

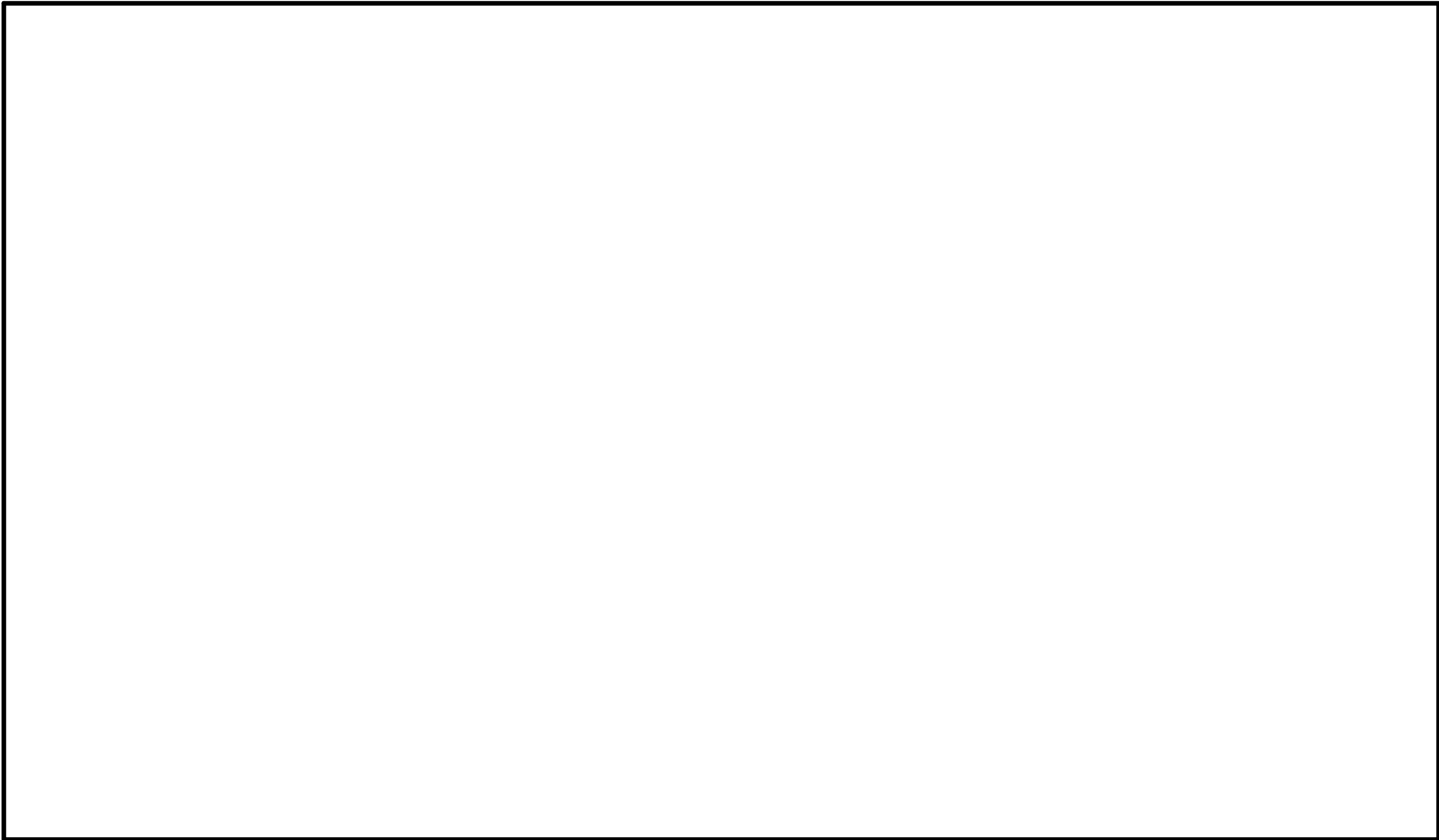


← 47.5 →

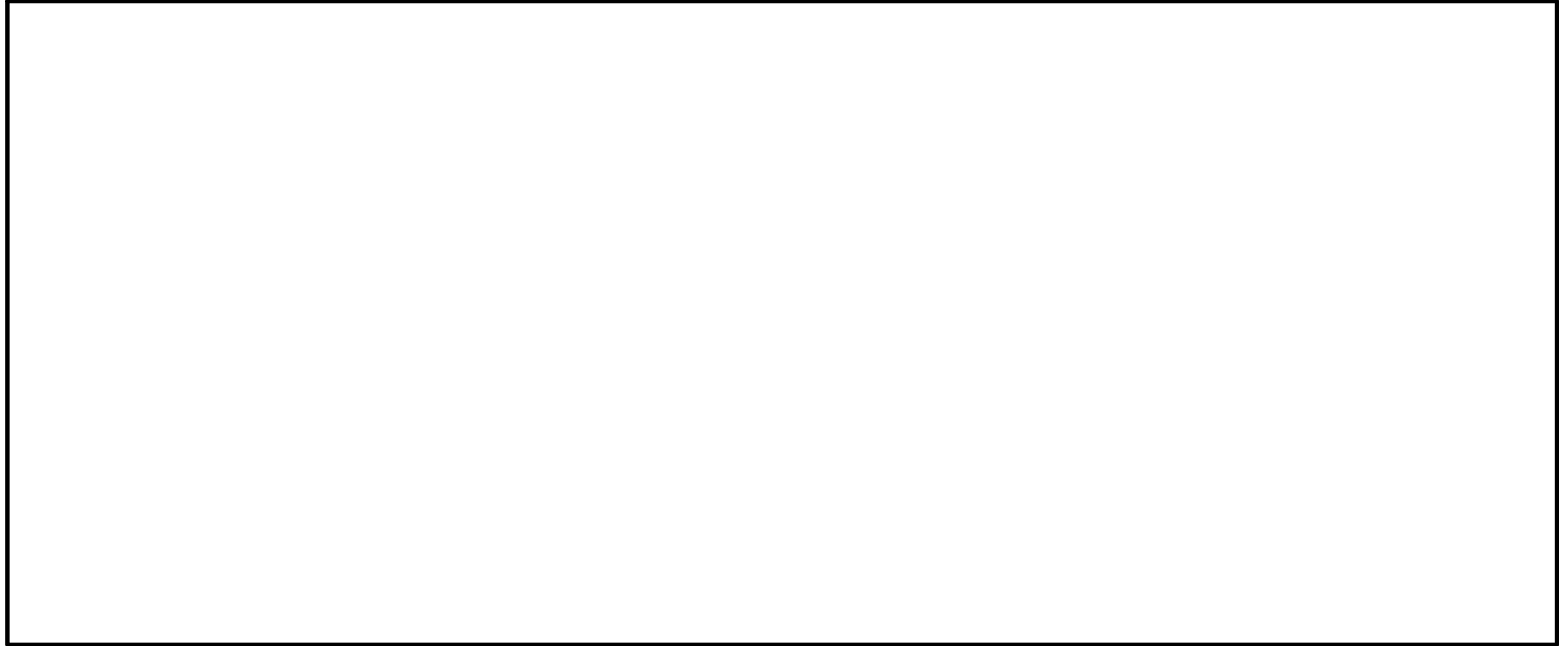
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Carcasa protectora 01</b>			Plano No:	17 / 48
1:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Carcasa protectora 02</b>			Plano No:	18 / 48
1:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	

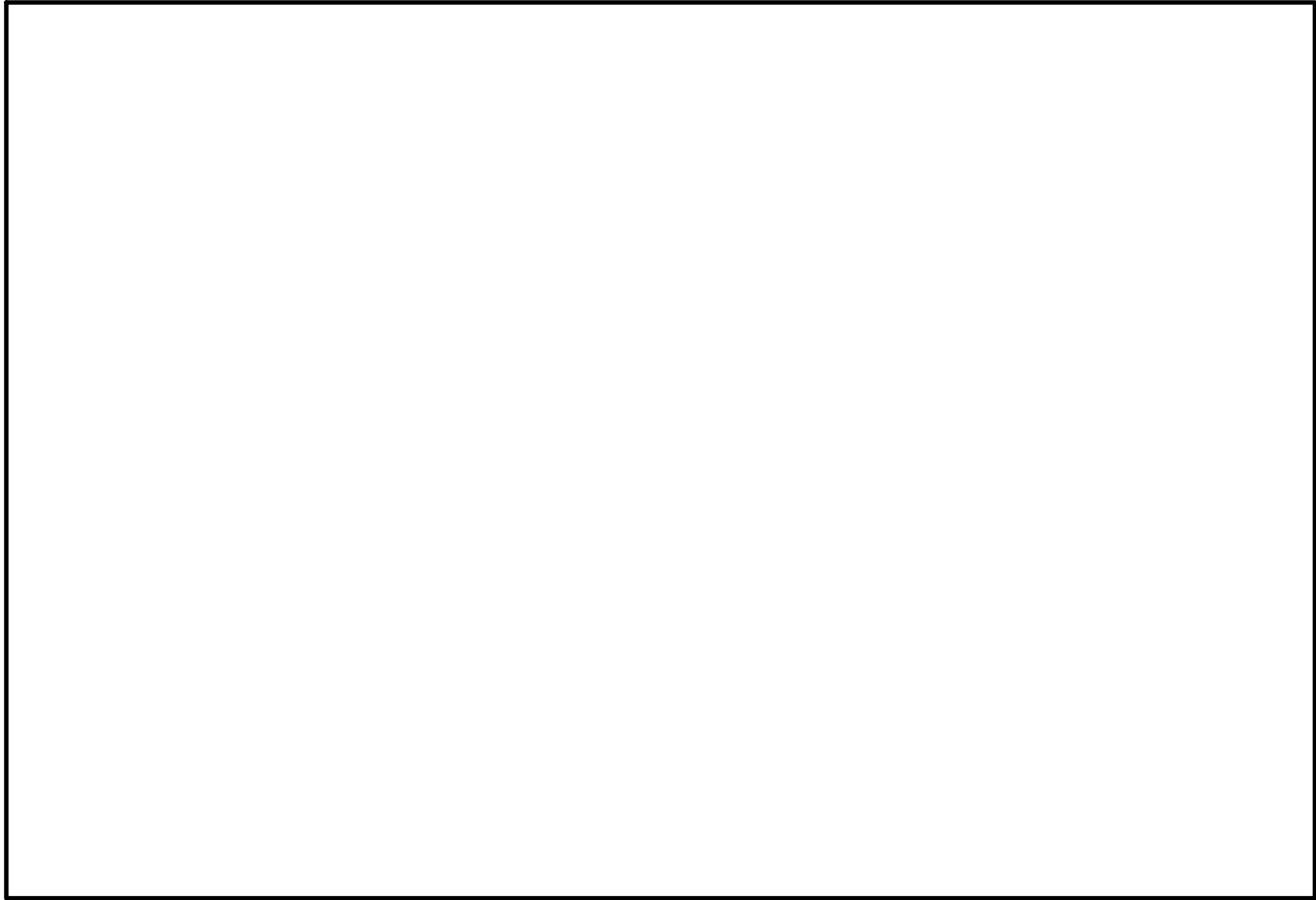


	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Tapa de la tuerca selectora</b>			Plano No:	19 / 48
1.5:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



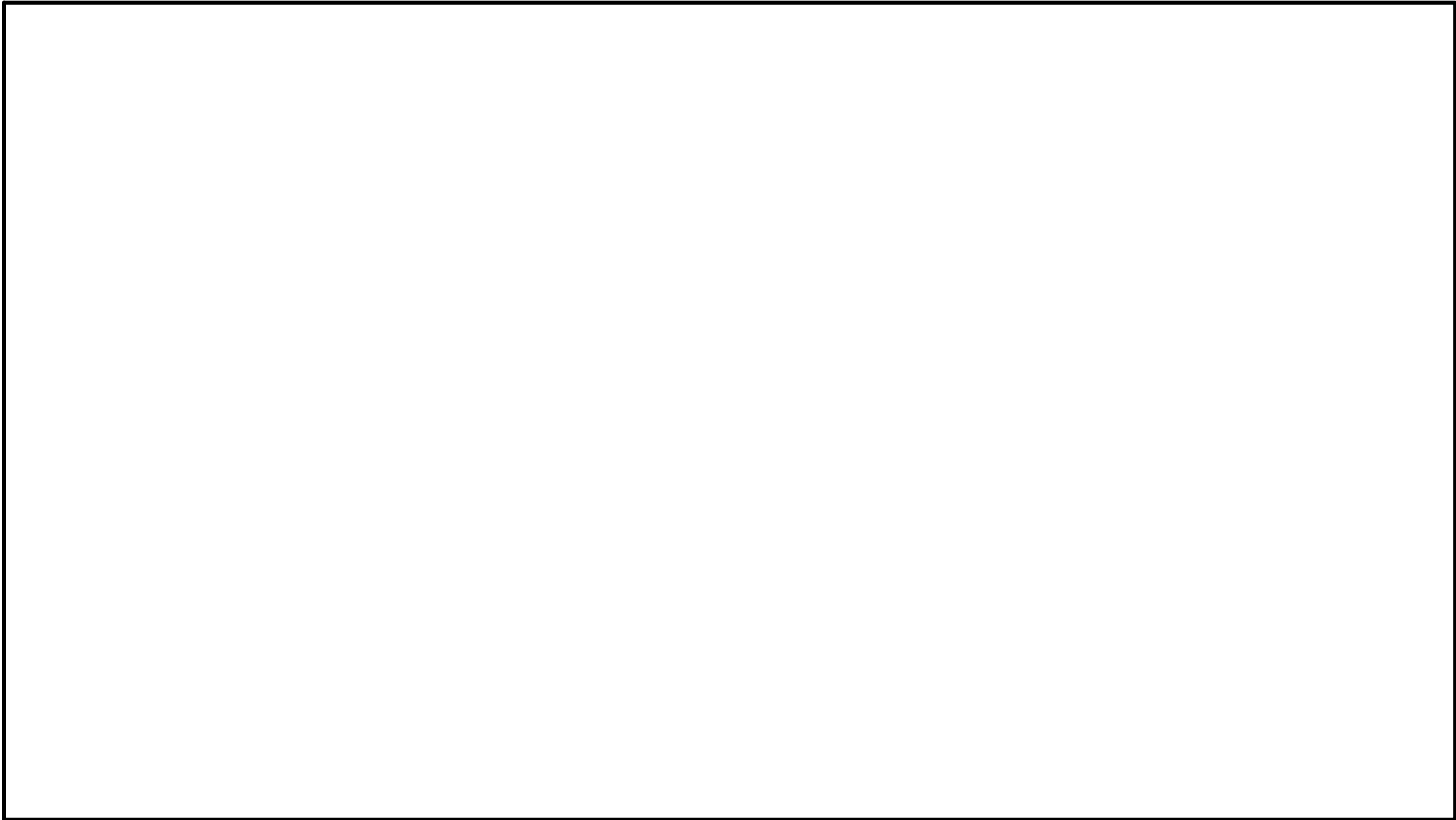
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Pin Guia</b>			Plano No:	20 / 48
10:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



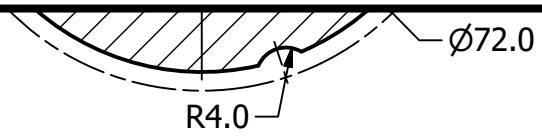
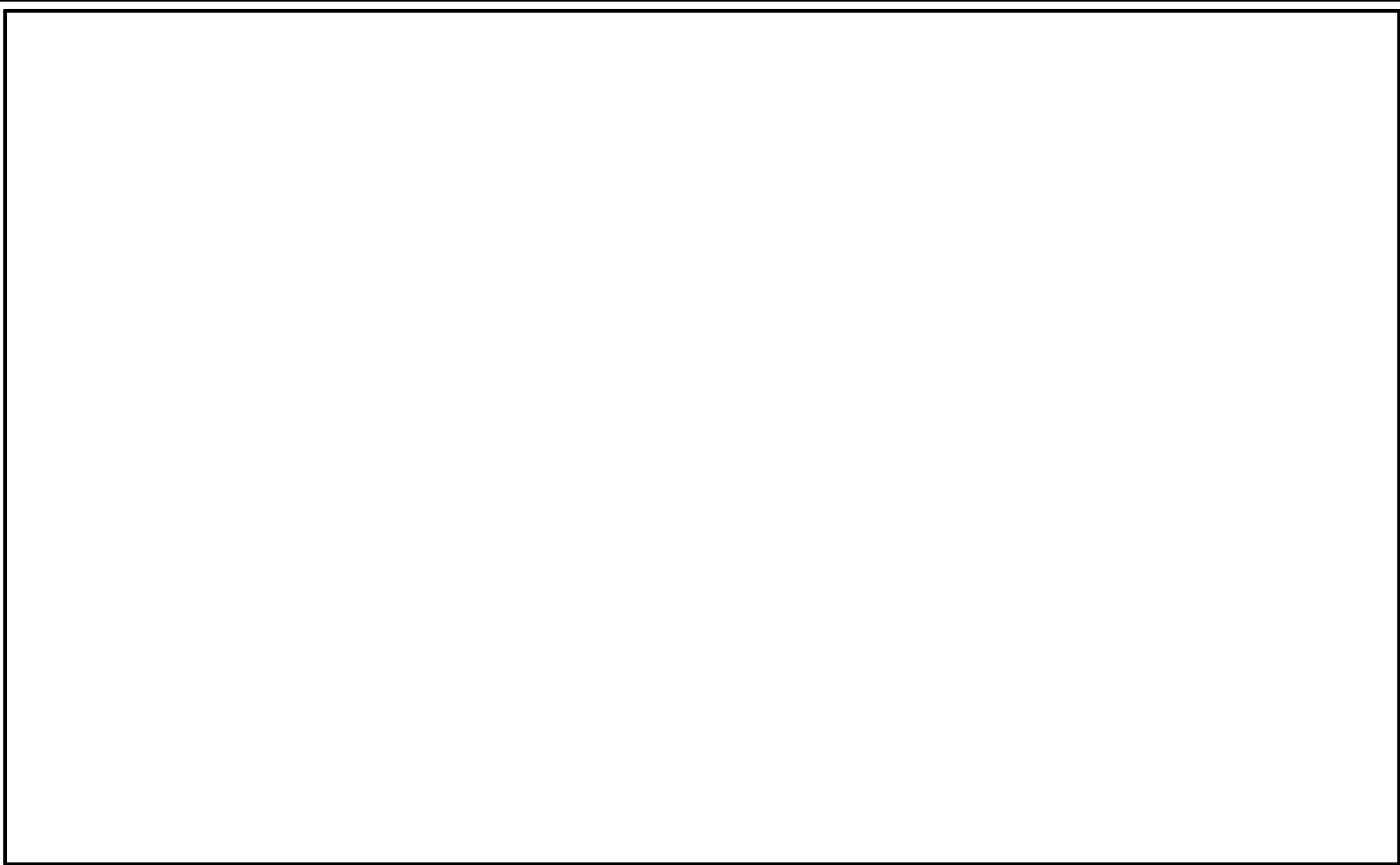


	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Tuerca del pin guía</b>			Plano No:	21 / 48
10:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	

	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Palanca</b>			Plano No:	22 / 48
2:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No:	23 / 48
Comprobado				Material:	Steel, Carbon
Escala	<b>Tornillo selector</b>			Sustituido por:	
1.5:1					



VIEW A-A  
SCALE 1:1

TABLE	
Datos de Corte	Valor
Número de Roscas	15
Diámetro primitivo	50
Ángulo de hélice	43.68°

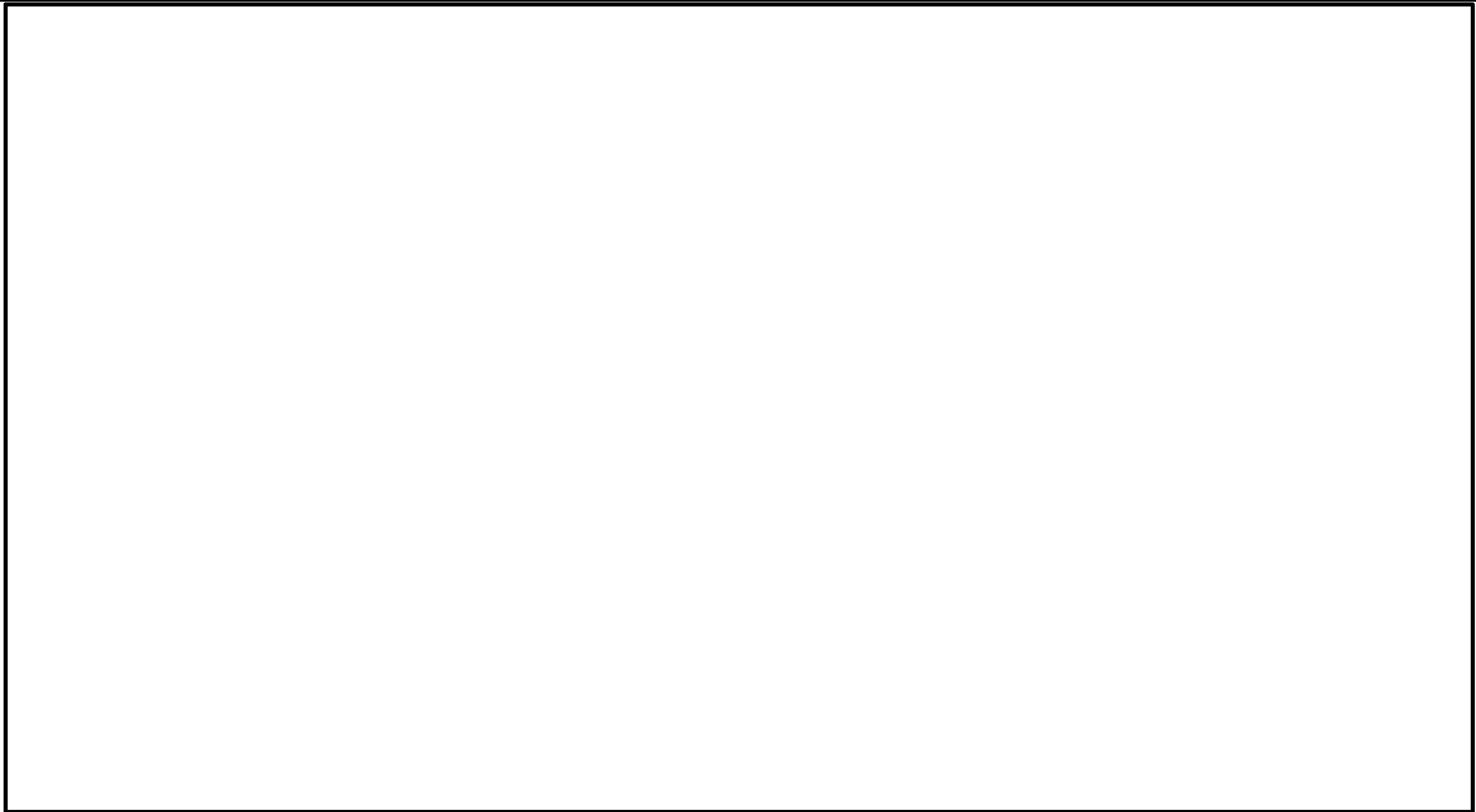
	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo	
Comprobado			
Escala	<b>Tuerca selectora</b>		
1:1			

<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Plano No:	24 / 48
Material:	Steel, Carbon
Sustituido por:	

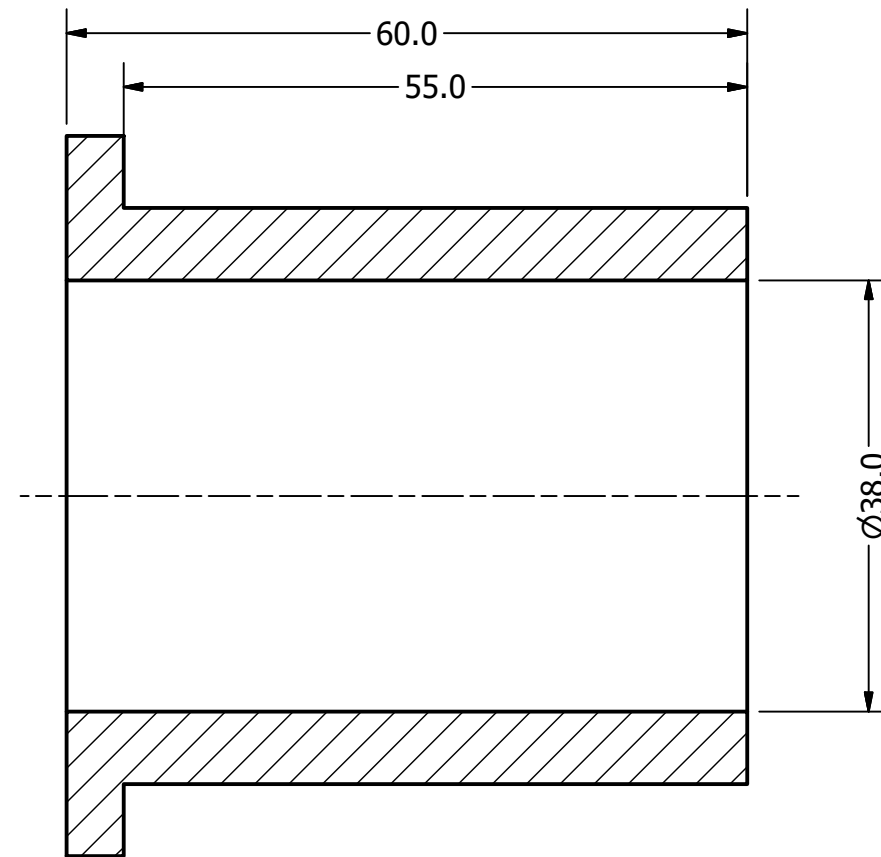
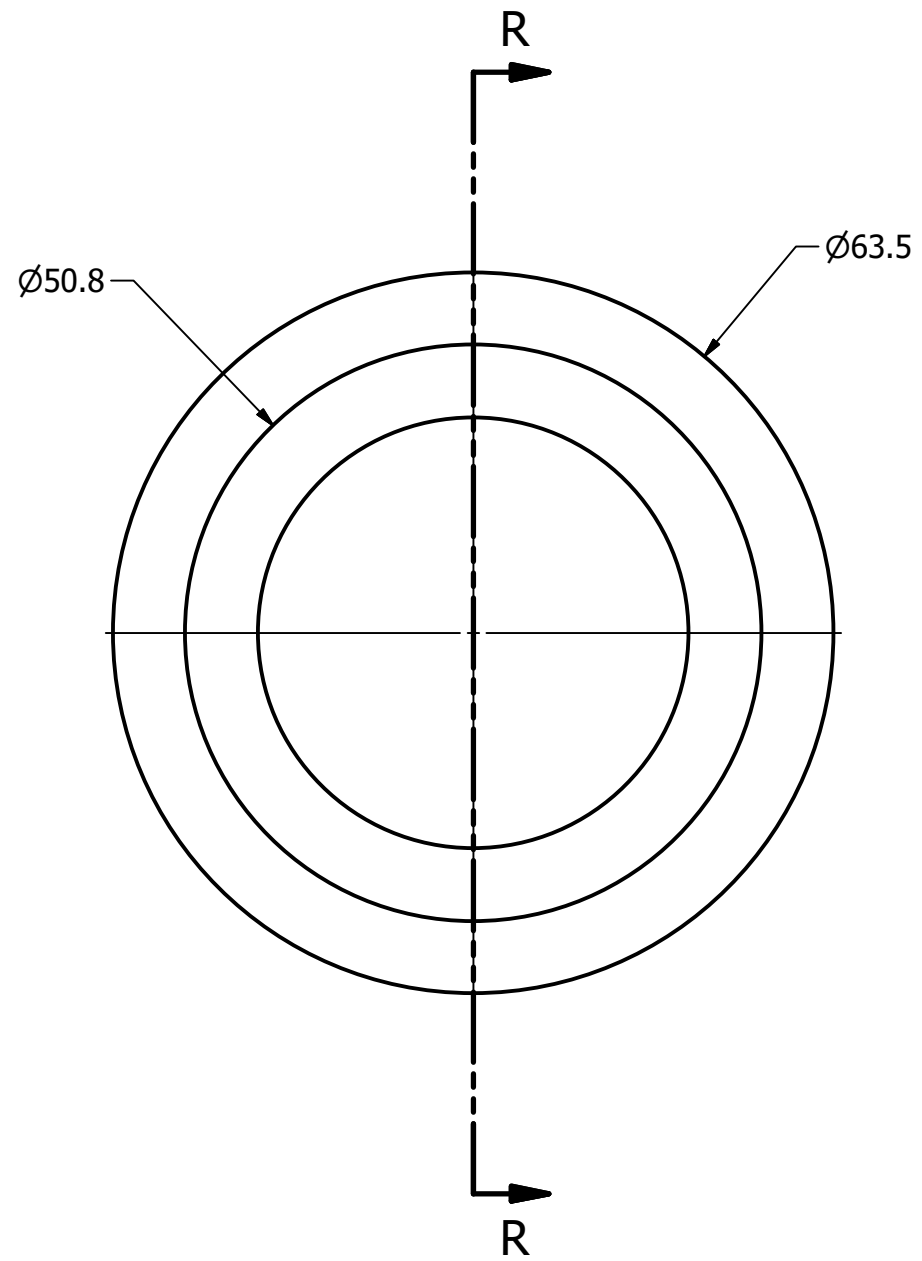
PARTS LIST			
ITEM	QTY	DESCRIPTION	MATERIAL
1	1	Plataforma	
2	2	Chumacera redonda FYC 25	
3	8	Arandela de presión NF E 25	
4	8	Tornillo Allen cabeza redond	
5	8	Arandela ISO 7089 M10	
6	8	Tuerca ISO 4032 M10	
7	2	Buje pivote	
8	2	Anillo del buje pivote	

	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Plataforma de Empuje</b>			Plano No:	25 / 48
1:5				Material:	
				Sustituido por:	

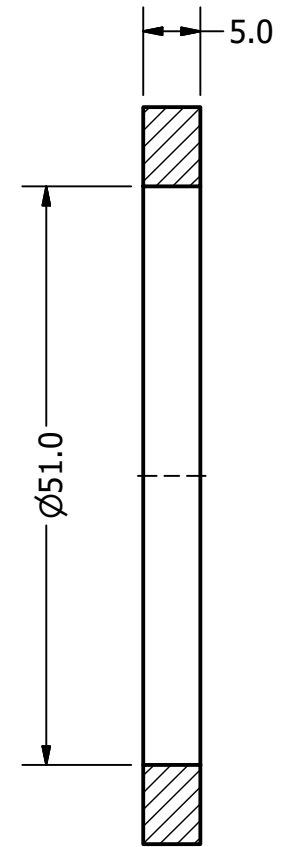
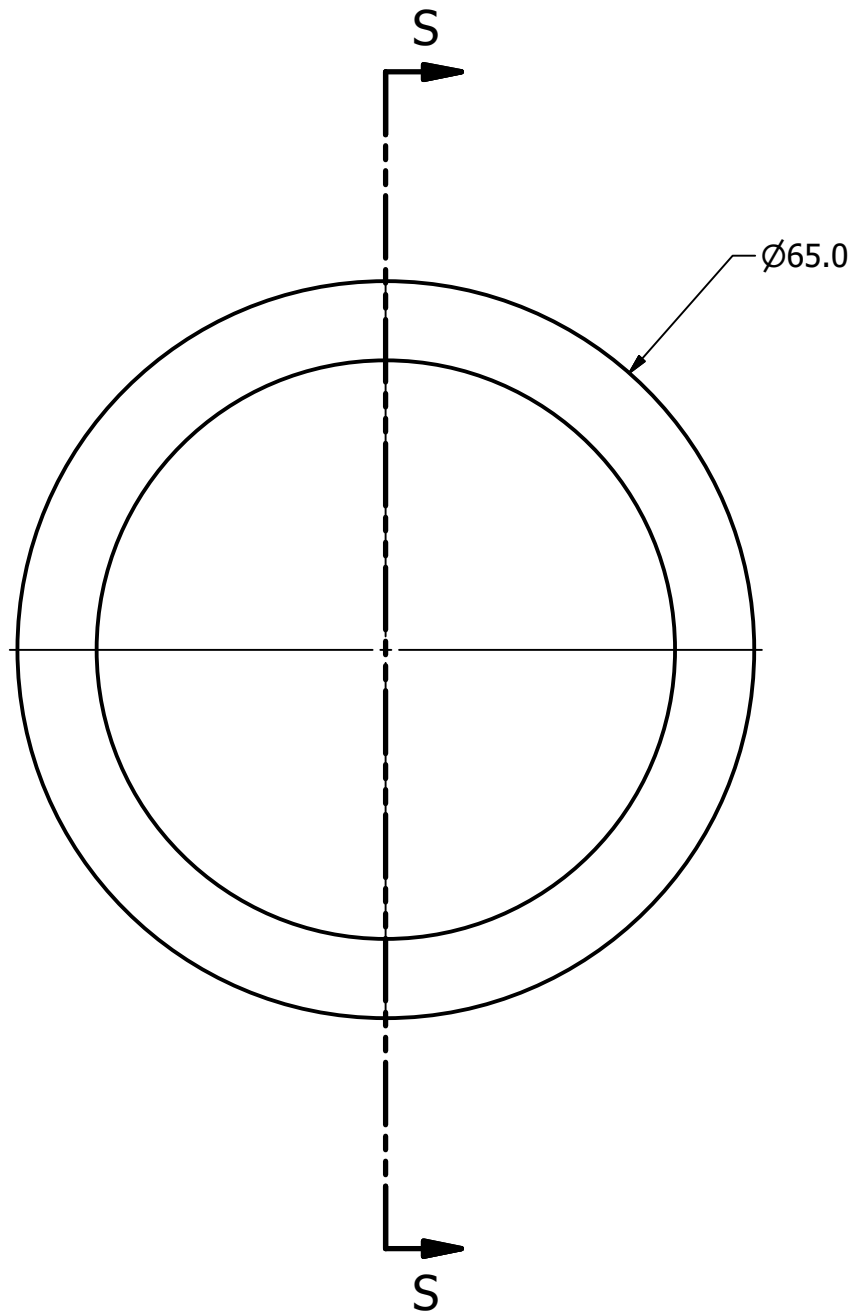


	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Plataforma</b>			Plano No:	26 / 48
1:7.5				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



SECTION R-R  
SCALE 1.5:1

	Fecha	Nombre	Firmas	UNIR UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado				Plano No:	27 / 48
Escala	<b>Buje pivote</b>			Material:	Brass, Soft Yellow, Welded
1.5:1				Sustituido por:	



SECTION S-S  
SCALE 1.5:1

	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Anillo del buje pivote</b>			Plano No:	28 / 48
1.5:1				Material:	Brass, Soft Yellow, Welded
				Sustituido por:	



PARTS LIST

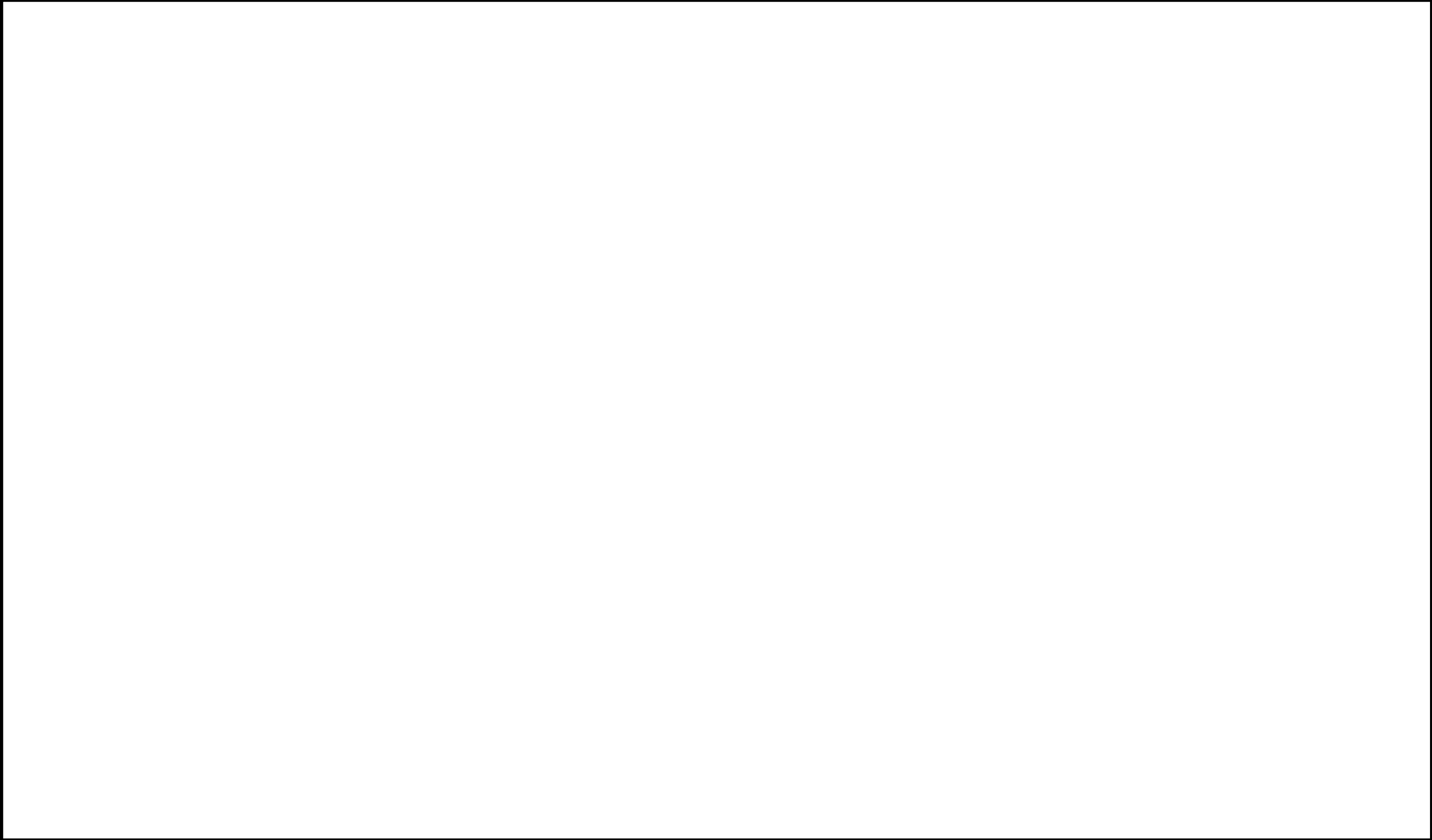
	MATERIAL
	Acero al carbono
	Acero al carbono
	Acero al carbono
	Polipropileno
25	Acero al carbono
	Acero al carbono A228

**UNIR**  
UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

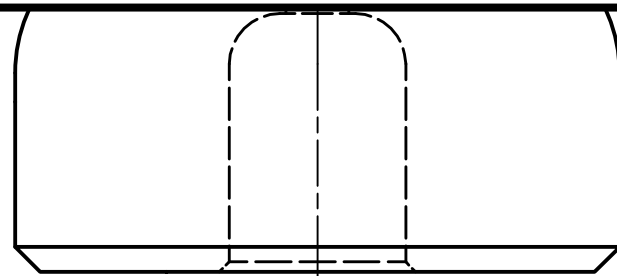
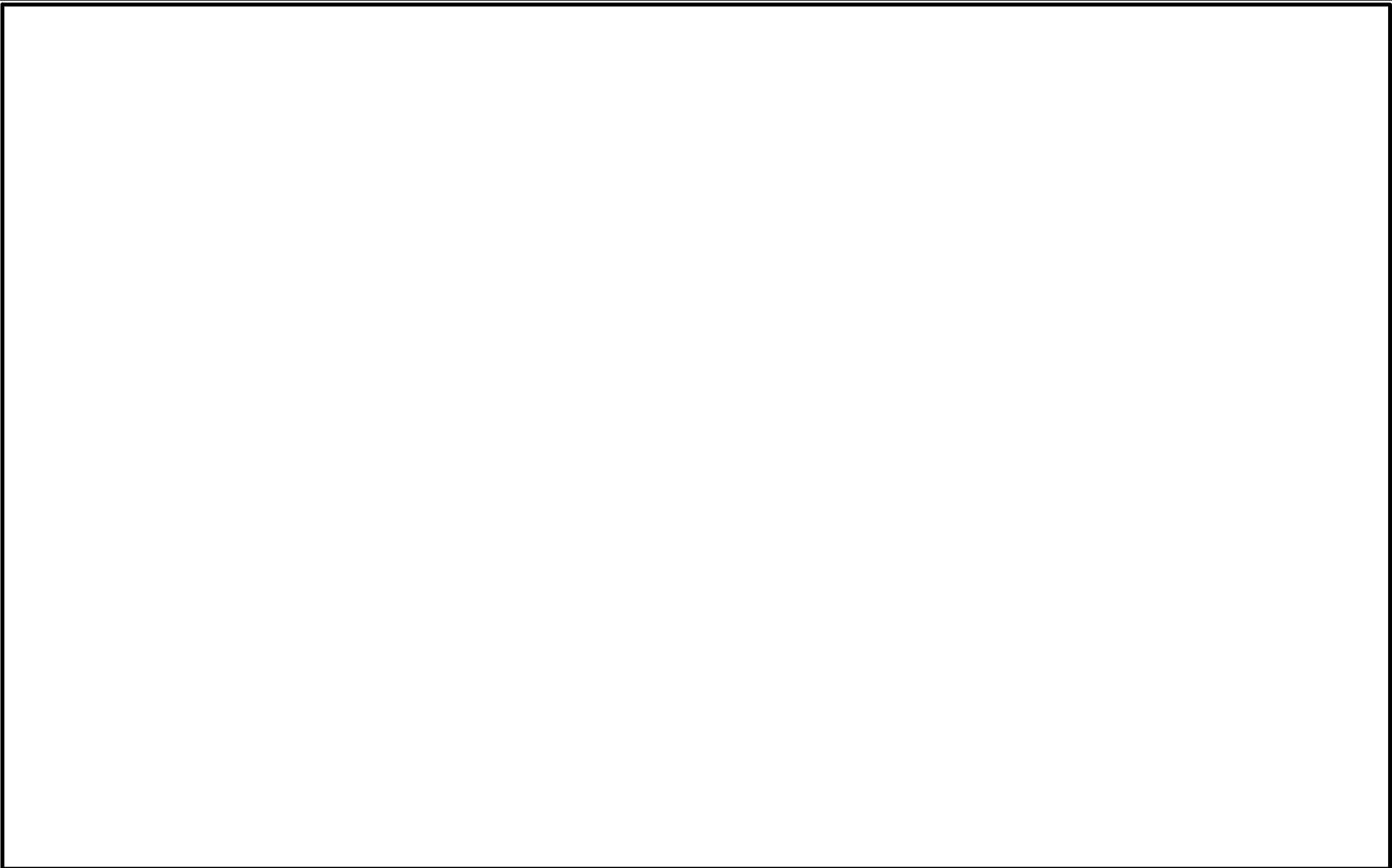
Plano No:	29 / 48
Material:	
Sustituido por:	

1:3

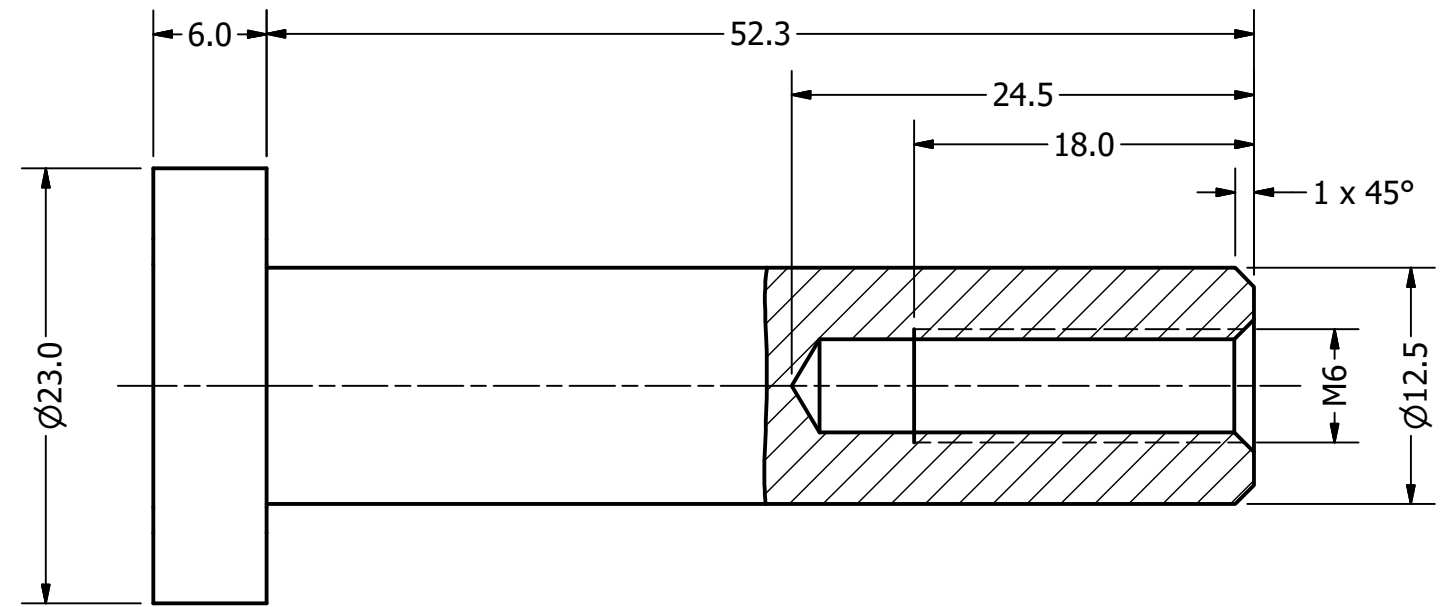
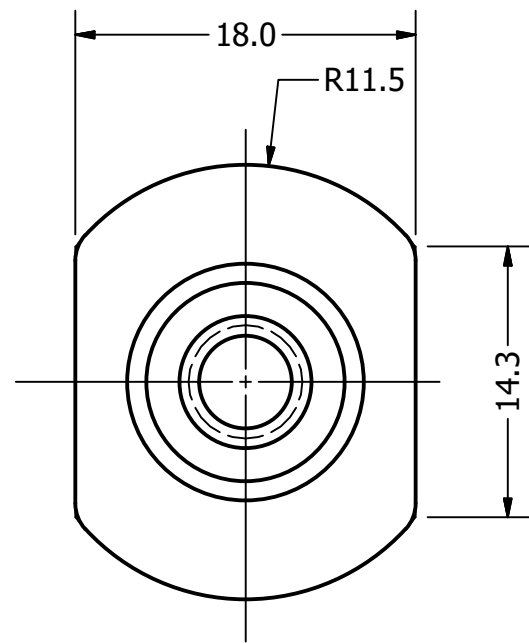
**Sistema del Respaldar**



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Bastidor del Respaldar</b>			Plano No:	30 / 48
1:2.5				Material:	
				Sustituido por:	

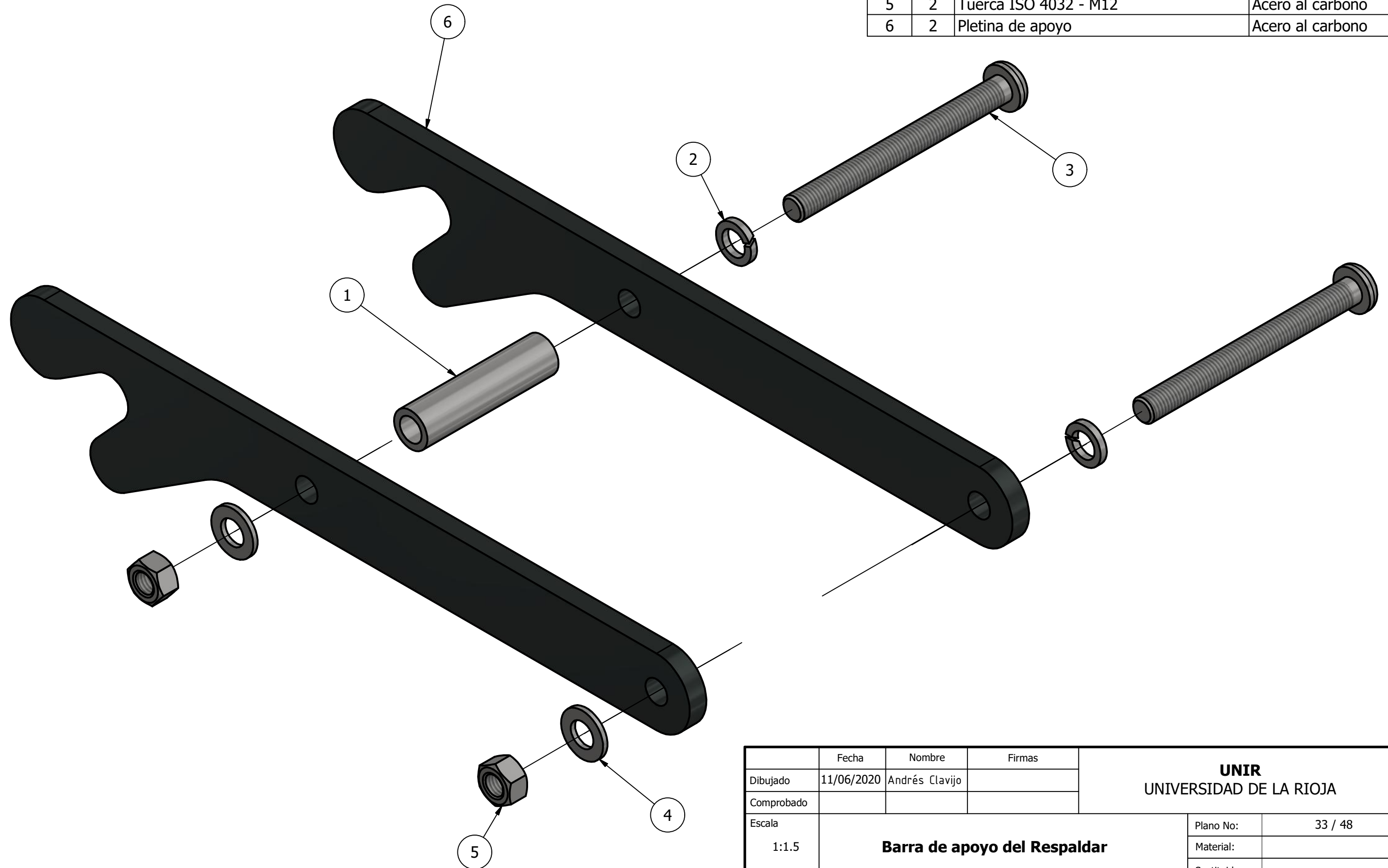


	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No:	31 / 48
Comprobado				Material:	Polypropylene
Escala	<b>Almohadilla 01</b>			Sustituido por:	
1:1.5					

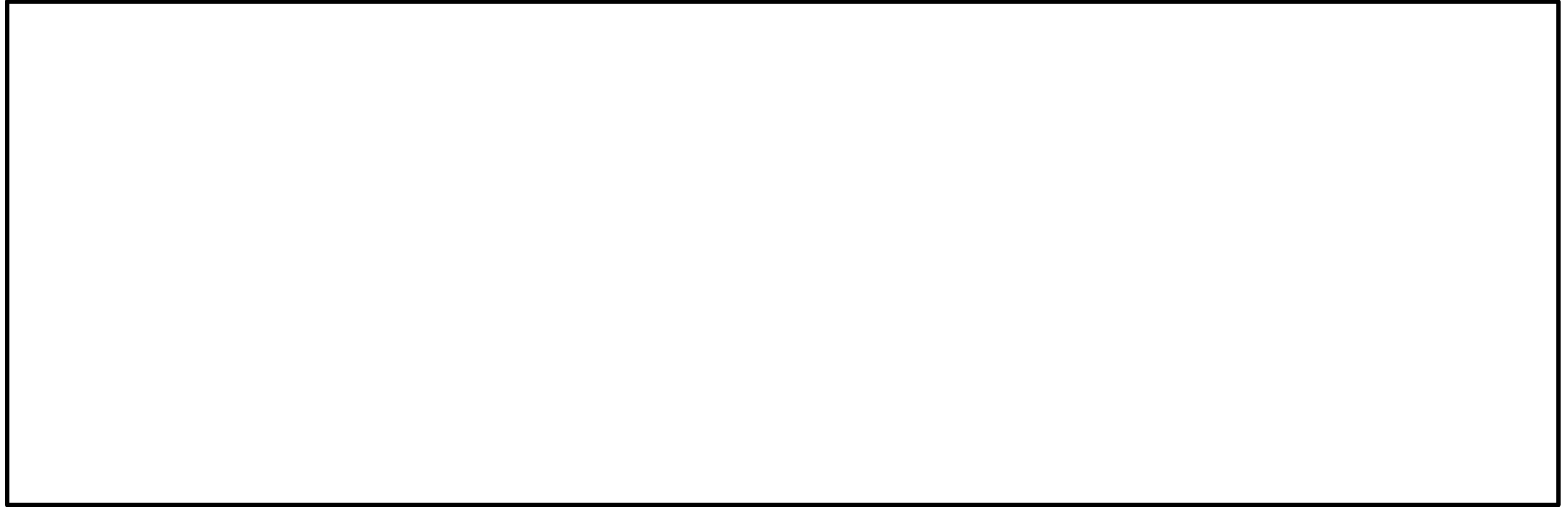


	Fecha	Nombre	Firmas	UNIR UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Eje guía</b>			Plano No:	32 / 48
2.5:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	

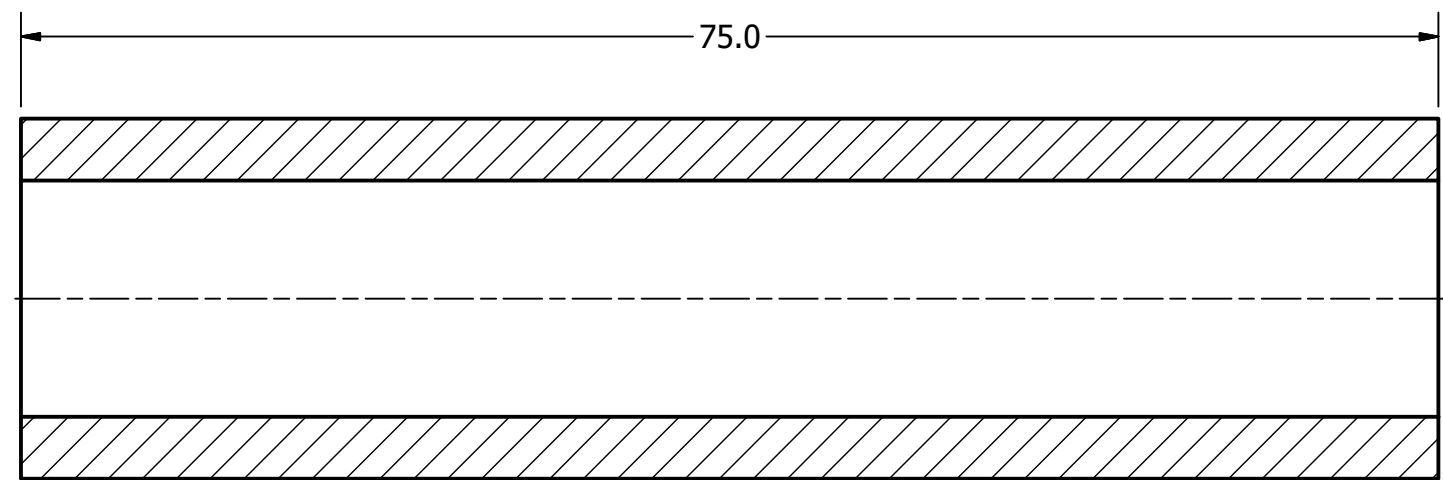
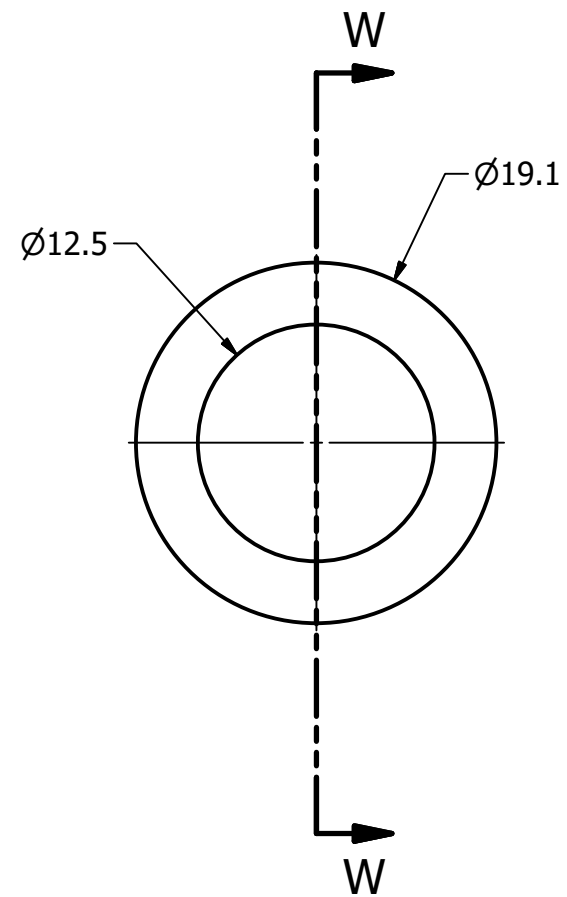
PARTS LIST			
ITEM	QTY	DESCRIPTION	MATERIAL
1	1	Eje tubular	Acero al carbono
2	2	Arandela de presión NF E 25-515 - W12	Acero al carbono
3	2	Tornillo Allen cabeza redonda M12 x 120	Acero al carbono
4	2	Arandela ISO 7089 - M12	Acero al carbono
5	2	Tuerca ISO 4032 - M12	Acero al carbono
6	2	Pletina de apoyo	Acero al carbono



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Barra de apoyo del Respaldar</b>			Plano No:	33 / 48
1:1.5				Material:	
				Sustituido por:	

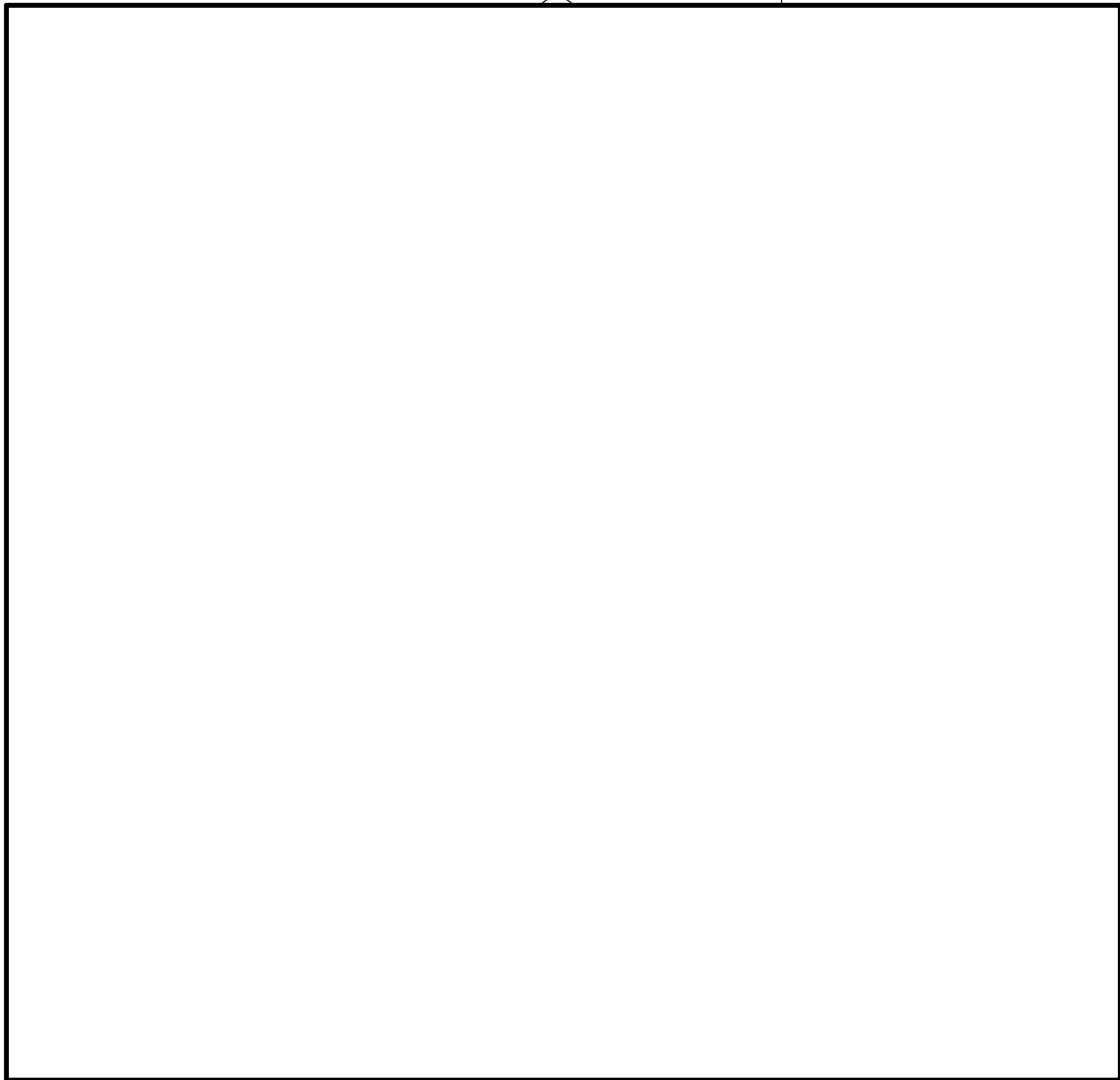


	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Pletina de apoyo</b>			Plano No:	34 / 48
1:1.5				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



SECTION W-W  
SCALE 2.5:1

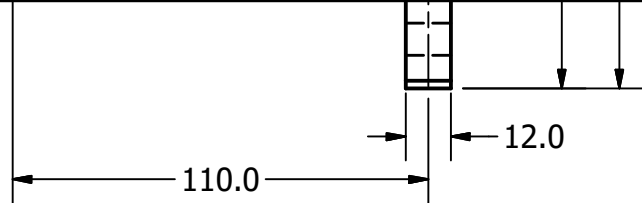
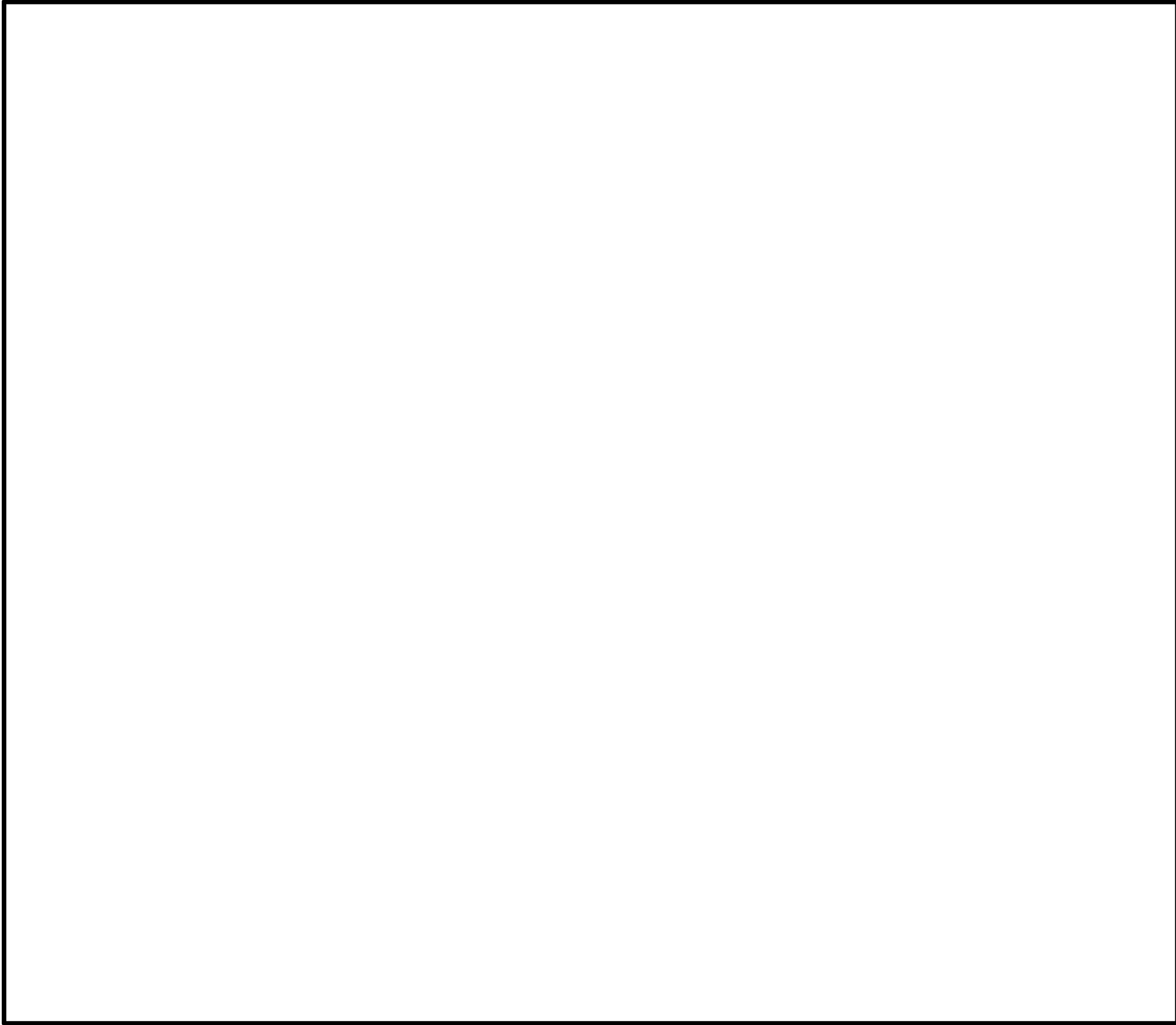
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Eje Tubular</b>			Plano No:	35 / 48
2.5:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



PARTS LIST	
DESCRIPTION	MATERIAL
	Acero al carbono
	Acero al carbono
	Polipropileno
x 25	Acero al carbono (pavonado)
	Acero al carbono
	Acero al carbono
5-516-WZ8	Acero al carbono
	Acero al carbono
a ISO 7380-1 M8 x 30	Acero al carbono (pavonado)
	Acero al carbono A228

	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Mecanismo de apoyo para hombros</b>			Plano No:	36 / 48
1:2.5				Material:	
				Sustituido por:	



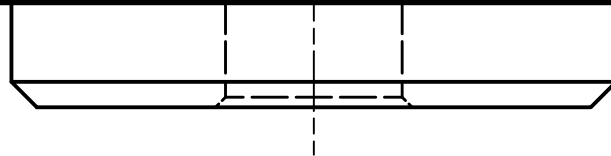
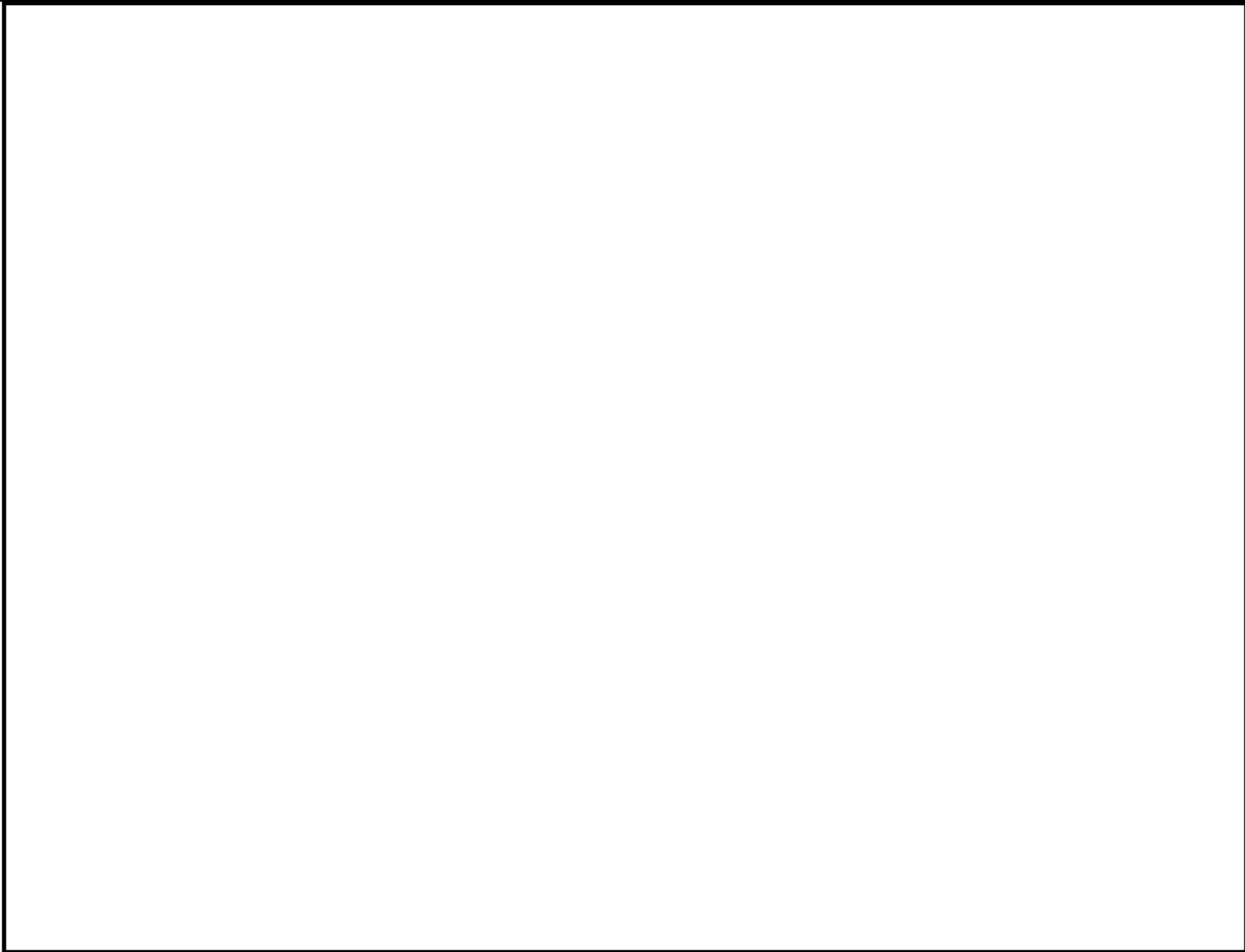


	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo	
Comprobado			

Escala  
1:2

**Pletina de apoyo**

<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA		Plano No:	37 / 48
		Material:	Steel, Carbon
		Sustituido por:	



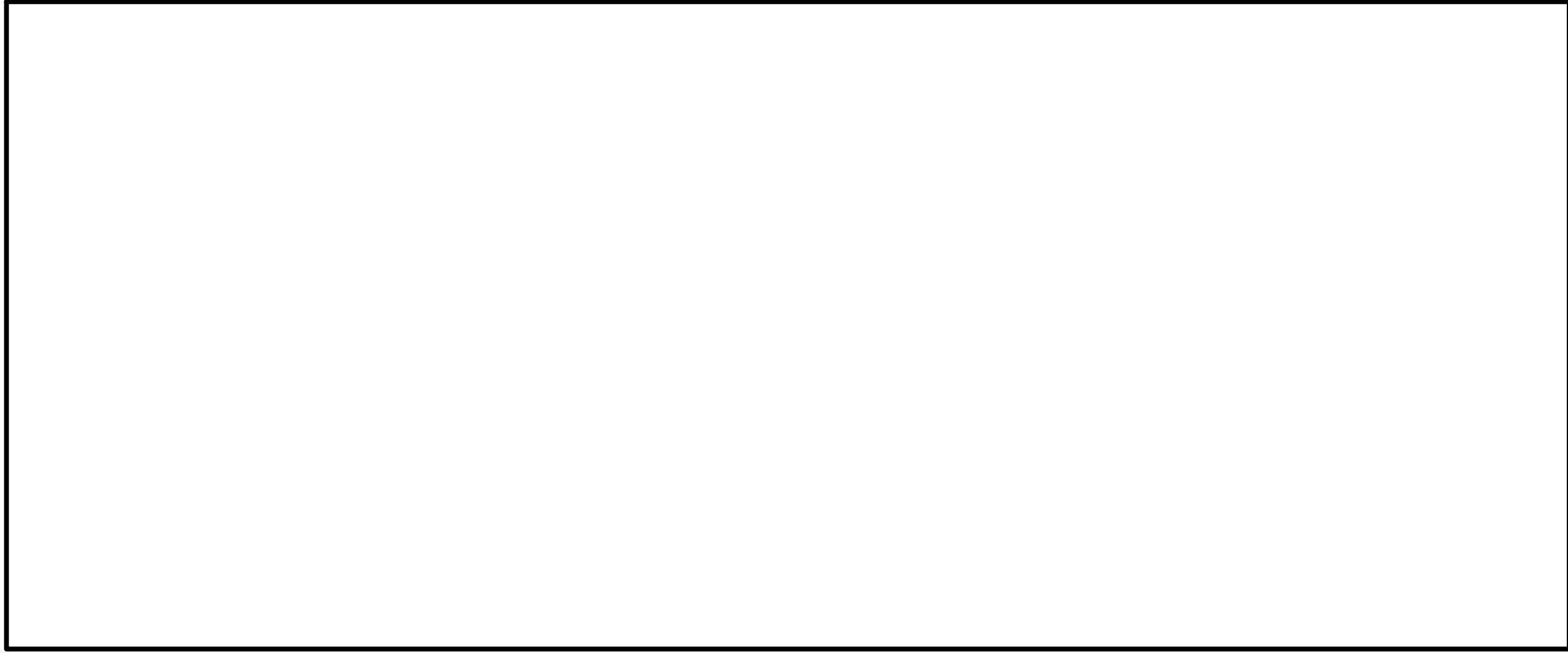
	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo	
Comprobado			

**UNIR**  
UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

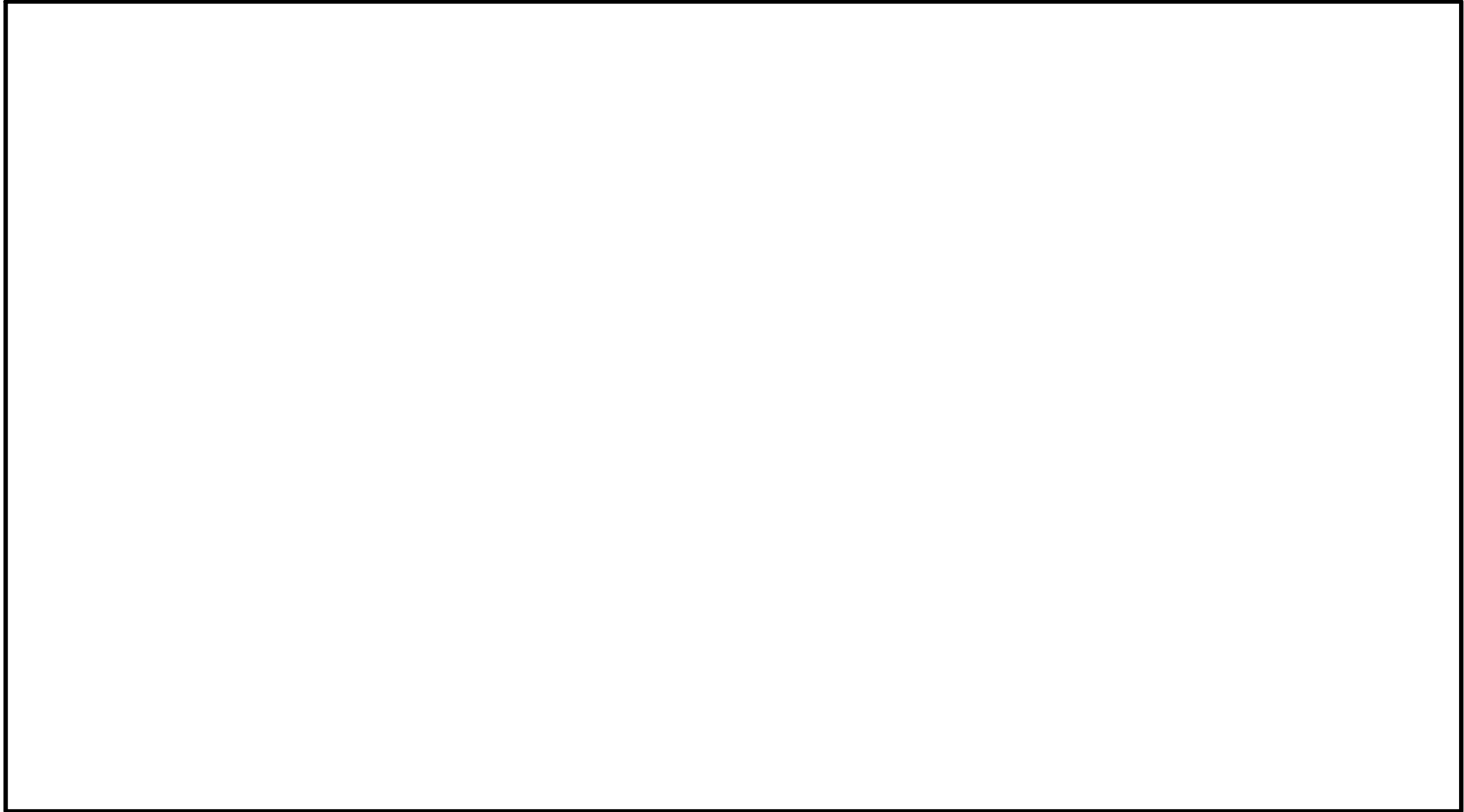
Escala  
1:1.5

**Almohadilla 02**

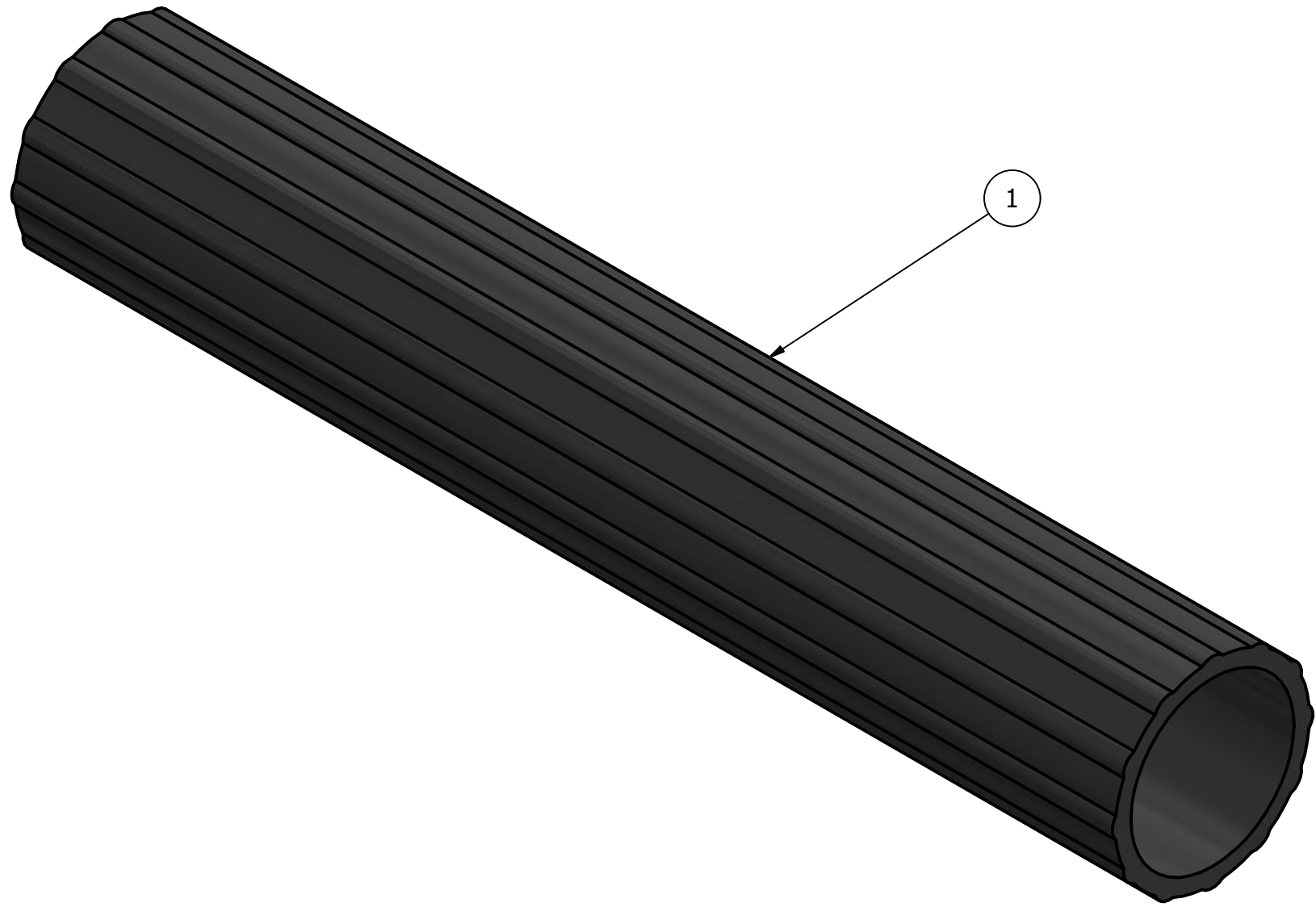
Plano No:	38 / 48
Material:	Polypropylene
Sustituido por:	



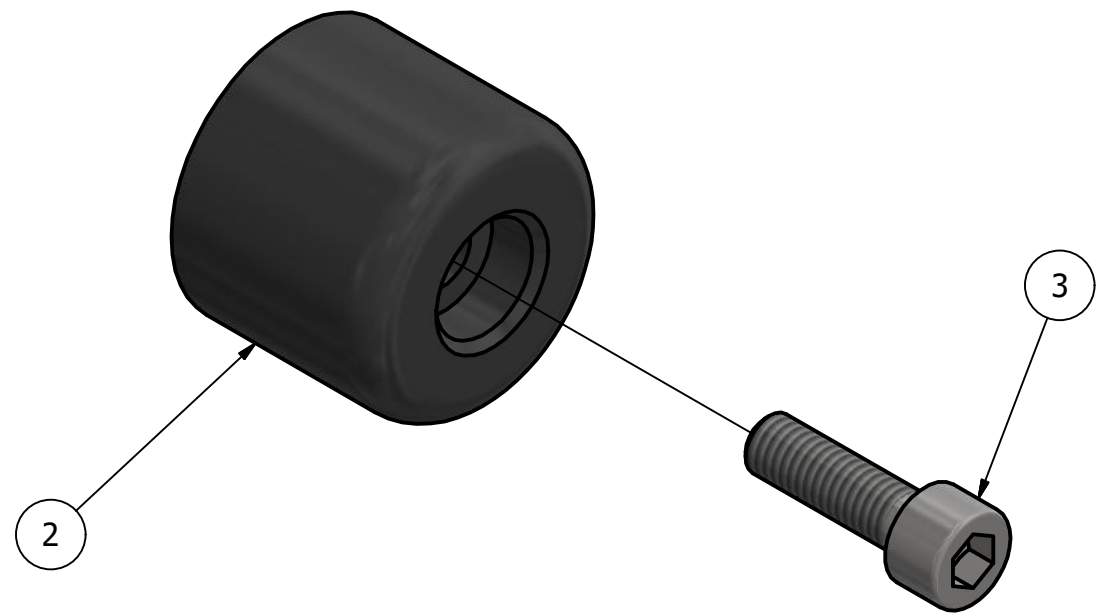
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Barra articulada</b>			Plano No:	39 / 48
2:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



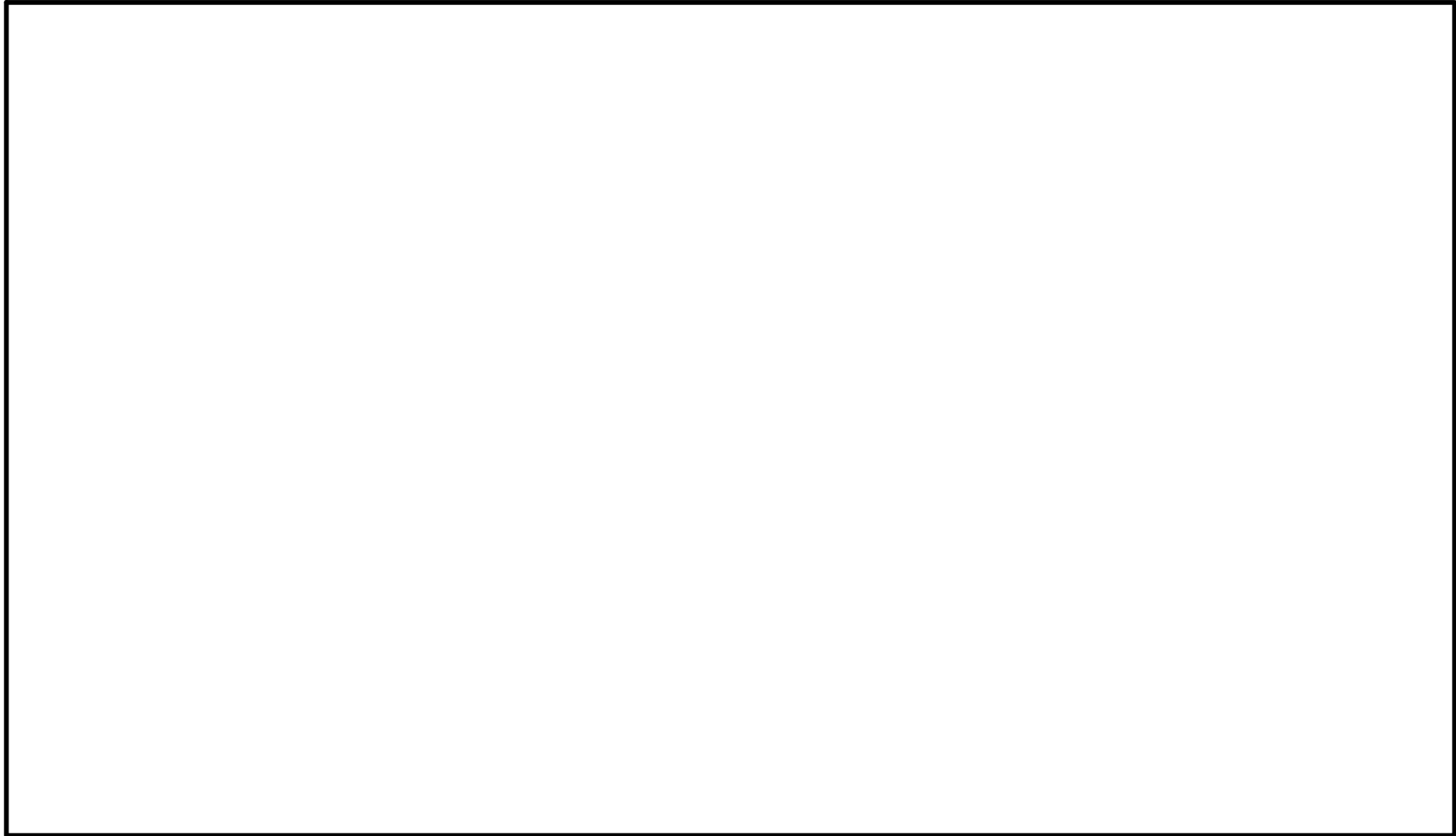
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Pivote Base</b>			Plano No:	40 / 48
2:1				Material:	Steel, Carbon
				Sustituido por:	



PARTS LIST			
ITEM	QTY	DESCRIPTION	MATERIAL
1	1	Protector manga	Polipropileno
2	1	Protector tope	Polipropileno
3	1	Tornillo Allen M6 x 20	Acero al carbono



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Protector</b>			Plano No:	41 / 48
1.5:1				Material:	
				Sustituido por:	

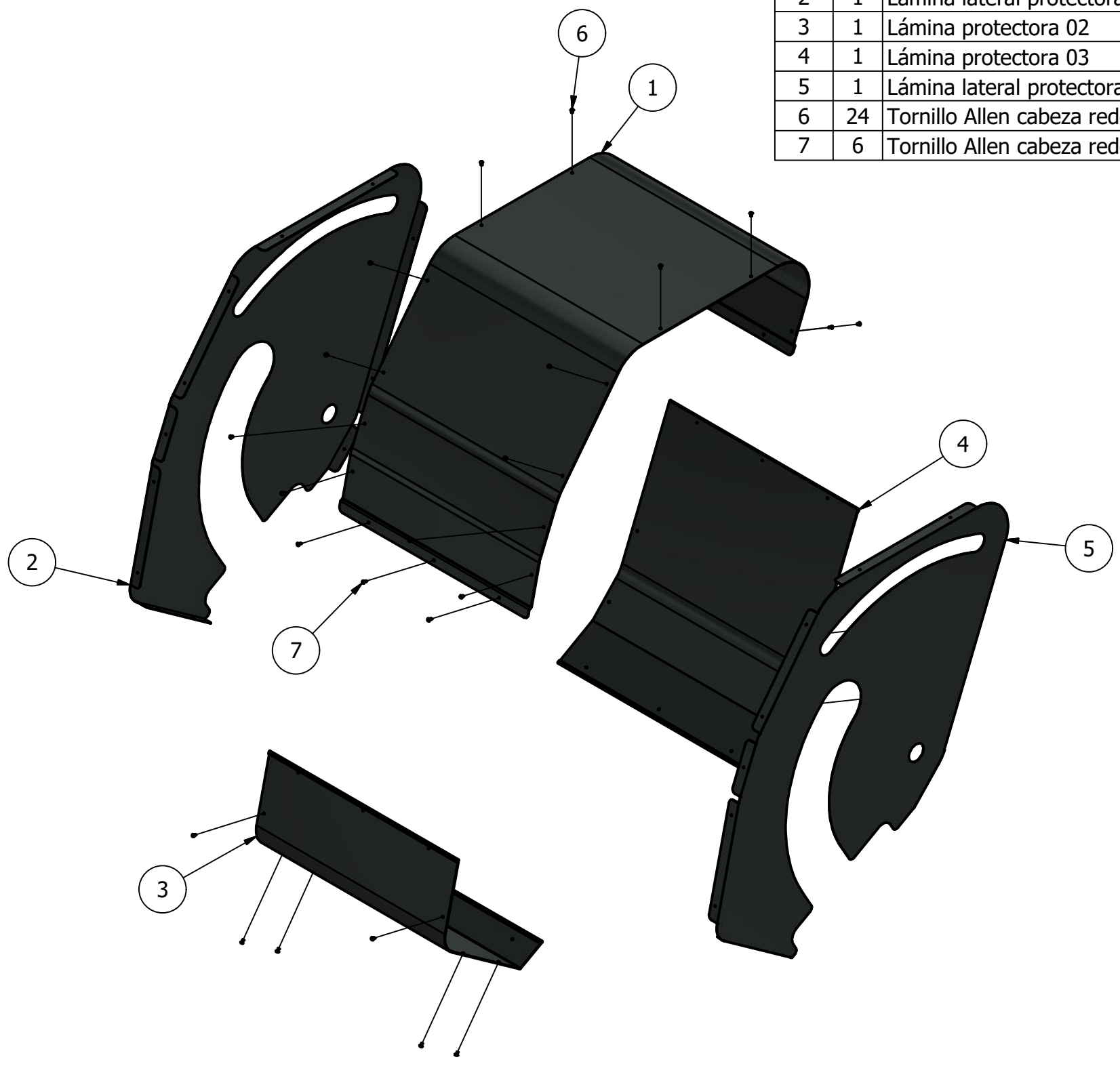


	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No:	42 / 48
Comprobado				Material:	Polypropylene
Escala				Sustituido por:	
2.5:1					



CC

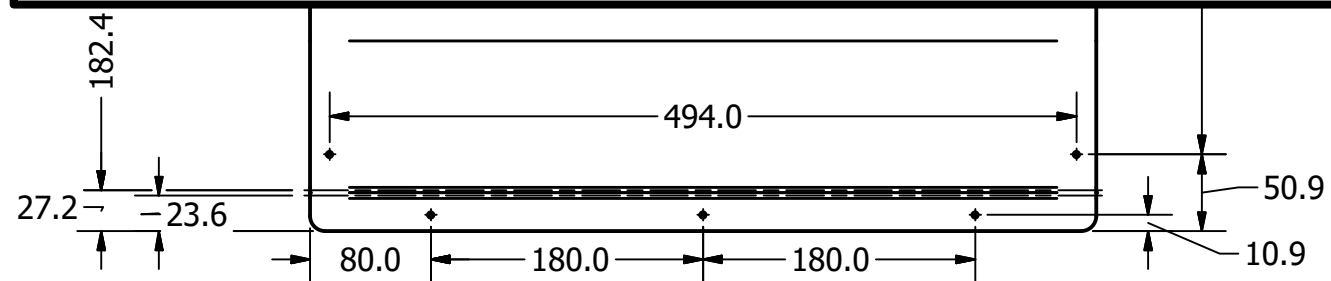
	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No:	43 / 48
Comprobado				Material:	Polypropylene
Escala				Sustituido por:	
5:1					



PARTS LIST			
ITEM	QTY	DESCRIPTION	MATERIAL
1	1	Lámina protectora 01	Acero al carbono
2	1	Lámina lateral protectora 01	Acero al carbono
3	1	Lámina protectora 02	Acero al carbono
4	1	Lámina protectora 03	Acero al carbono
5	1	Lámina lateral protectora 02	Acero al carbono
6	24	Tornillo Allen cabeza redonda ISO 7380-1 M3 x 6	Acero al carbono (pavonado)
7	6	Tornillo Allen cabeza redonda ISO 7380-1 M3 x 8	Acero al carbono (pavonado)

	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo			
Comprobado					
Escala	<b>Carcasa de protección de Carga</b>			Plano No:	44 / 48
1:10				Material:	
				Sustituido por:	

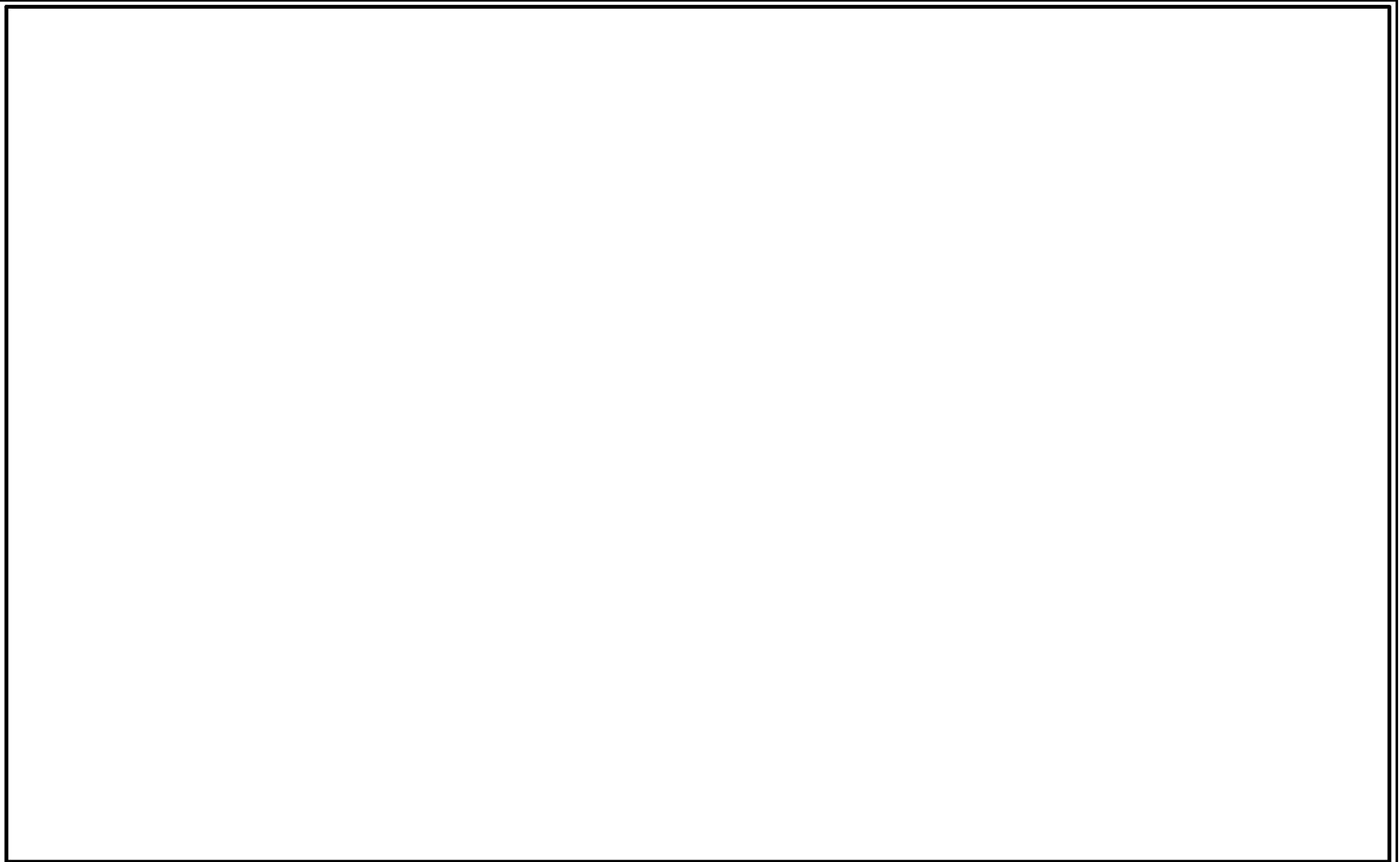




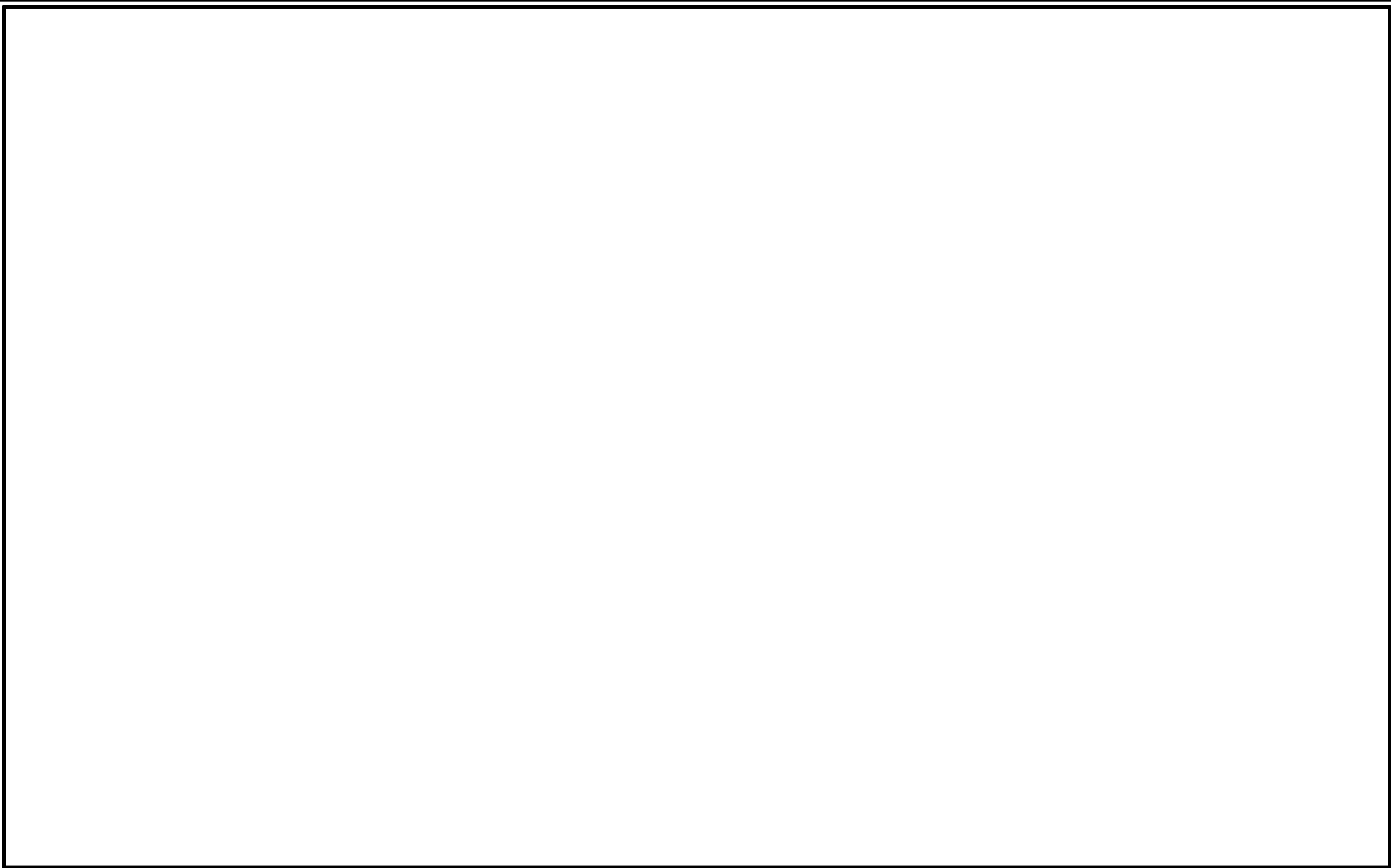
	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo	
Comprobado			

**UNIR**  
UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

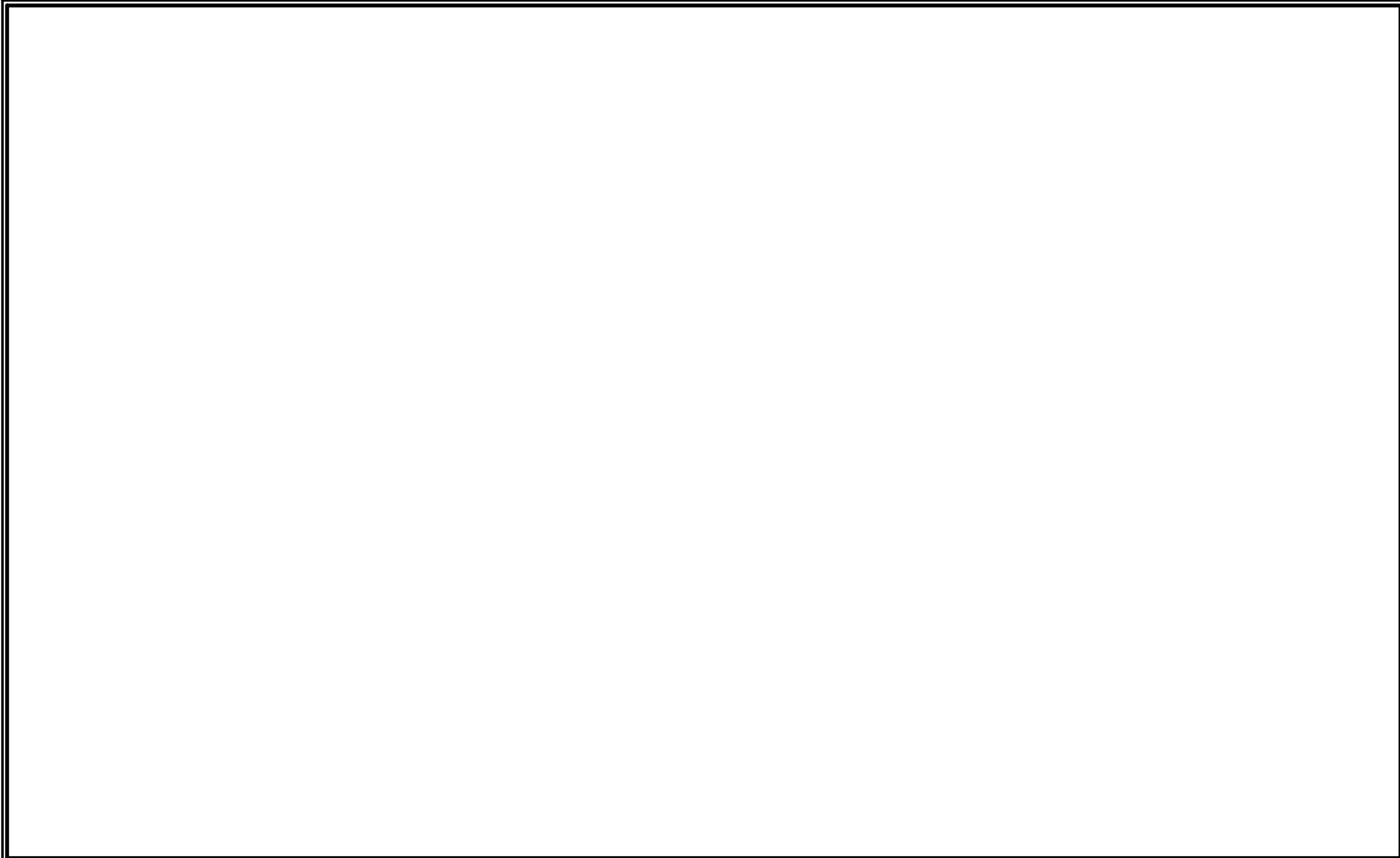
Escala	<b>Lámina protectora 01</b>	Plano No:	45 / 48
1:5		Material:	Steel, Carbon
		Sustituido por:	



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No:	46 / 48
Comprobado				Material:	Steel, Carbon
Escala	<b>Lámina protectora 02</b>			Sustituido por:	
1:2.5					



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No:	47 / 48
Comprobado				Material:	Steel, Carbon
Escala	<b>Lámina protectora 03</b>			Sustituido por:	
1:3					



	Fecha	Nombre	Firmas	<b>UNIR</b> UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	11/06/2020	Andrés Clavijo		Plano No:	48 / 48
Comprobado				Material:	Steel, Carbon
Escala	<b>Lámina lateral protectora 01</b>			Sustituido por:	
1:5					