

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA
QAP-TERMINADOS GRÁFICOS**

**WILLIAM RICARDO ULLOA CORREDOR
WILBER STIK ZANGUÑA BARÓN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2014

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA
QAP-TERMINADOS GRÁFICOS**

**WILLIAM RICARDO ULLOA CORREDOR
WILBER STIK ZANGUÑA BARÓN**

**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Mecánico**

Director

**OMAR ARMANDO GÉLVEZ AROCHA
Ingeniero Mecánico**

Codirector

**GILBERTO PARRA RAMIREZ
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

Wilber Stik Zanguña Barón

A Dios.

A mis padres por su todo su apoyo, comprensión y confianza.

A mis hermanas por su apoyo y cariño.

A Zulma por su apoyo incondicional y su paciencia.

A mis amigos por todos los momentos vividos.

William Ricardo Ulloa Corredor

A Dios

A mis padres y hermanos por todo su apoyo.

AGREDECIMIENTOS

Al ingeniero Omar Armando Gélvez Arocha, docente de la Escuela de ingeniería mecánica, por su confianza, colaboración, conocimiento, formación académica y apoyo en el desarrollo de este proyecto de grado.

A todos nuestros amigos y compañeros de la universidad por su amistad y a todas las personas que hicieron posible la culminación del proyecto y de esta nueva etapa.

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA QAP-TERMINADOS GRÁFICOS *

AUTORES: William Ricardo Ulloa Corredor, Wilber Stik Zanguña Barón **

PALABRAS CLAVES:

Barniz U.V, secado U.V, polimerización, terminados gráficos.

DESCRIPCIÓN:

En la actualidad la calidad de los terminados gráficos influye en la perspectiva que tenga el usuario del producto final, es por tal razón que para que un producto sea agradable al cliente debe dar el mejor aspecto visual. Hoy la tecnología nos permite una muy buena variedad de acabados gráficos o procedimientos post impresión.

El barnizado U.V es una técnica muy usada en la industria litográfica para los terminados gráficos que brinda un acabado superficial de excelente calidad además de ahorrar tiempo y costos con respecto a otras técnicas de acabados. Con el fin de contribuir con el desarrollo económico y las necesidades que requiere el mercado litográfico, se plantea como objetivo de proyecto de grado diseñar y construir una máquina barnizadora U.V basados en los sistemas más óptimos de transmisión de potencia, trasporte de material y secado de barnices U.V, que cumpla con los requerimientos de calidad y eficiencia del sector gráfico a un bajo costo. Para evaluar el rendimiento de la máquina, ésta fue instalada en la microempresa QAP-TERMINADOS GRÁFICOS ubicada en la ciudad de Bucaramanga, Santander.

Entre los resultados más importantes, se destaca la evaluación de la velocidad de secado del barniz U.V, la cual fue de 30 (m/s) para barnizado total, y 15 (m/s) para barnizado parcial, obteniendo tiempos de secado de 4.8 y 8.28 (segundos) respectivamente.

* Proyecto de grado

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Ing. Omar Armando Gélvez Arocha. Codirector: Ing. Gilberto Parra Ramírez

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN U.V VARNISHING MACHINE FOR QAP-TERMINADOS GRÁFICOS *

AUTHORS: William Ricardo Ulloa Corredor, Wilber Stik Zanguña Barón **

KEY WORDS: Varnish U.V, drying U.V, polymerization, graphic finished.

DESCRIPTION:

In the present, the finished graphics quality, influences in the perspective that have the user of the final product, for that reason, in order for a product be pleasant the customer, should give the best visual appearance. Today the technology allows us a very good variety of finished graphic or processes post printing.

The U.V varnished is a technique very use in the lithographic industry for the finished graphics, that give a supeficial finish of excellent quality, furthermore of save time and costs with respect to other finishing techniques. In order to contribute with de economic development and the needs that requiring by the lithographic market, therefore seeks like objetive of grade project, design and build an U.V varnishing machine, based on the most optimal potency transmission systems, material transport and drying of UV varnishes, that satisfy with the requirements of quality and efficiency of the printing sector at low cost. To evaluate the performance of the machine, this was installed in the microenterprise QAP TERMINADOS GRÁFICOS, located in the city of Bucaramanga, Santander.

Among the most important results, are highlighted the evaluation of the rate of drying of UV varnish, which was 30 (m / s) for full varnishing, and 15 (m / s) for partial varnishing, getting drying times of 4.8 and 8.28 (seconds) respectively.

* Graduation Project

** Faculty of Physics-Mechanic Engineerings, School of Mechanic Engineering. Director: Ing. Omar Armando Gélvez Arocha. Codirector: Ing. Gilberto Parra Ramirez

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. METODOLOGÍA	21
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
1.2. JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	22
1.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	22
1.3.2 Objetivos Específicos.	23
2. TERMINADOS GRÁFICOS	24
2.1 PLASTIFICADO	25
2.2 ESCARCHADO	27
2.3 BARNIZADO U.V	27
2.3.1 Características y Propiedades del Barnizado U.V.	28
2.4 INDUSTRIA GRÁFICA EN LATINOAMERICA	29
2.4.1 Incremento en la Demanda Publicitaria de Latinoamérica.	30
2.4.2 Comportamiento del Mercado Gráfico en Brasil, México y Colombia	30
2.5 INDUSTRIA GRÁFICA EN COLOMBIA	32
2.5.1 CIGRAF	33
2.5.2 ANDIGRAF.	34
3. GENERALIDADES DEL BARNIZADO U.V	35
3.1 HISTORIA	35
3.2 PROCESO DE BARNIZADO U.V	37
3.2.1 Curado de Barniz U.V.	38
3.3 VELOCIDAD DE CURADO	41
3.4 OZONO Y OLORES	42

3.5 TINTAS U.V	42
3.5.1 Ventajas de las Tintas U.V	43
3.6 PAPEL	45
3.7 NORMAS PARA EL USO DE LUZ ULTRAVIOLETA	46
3.7.1 Normas Generales de Seguridad	46
3.7.2 Instalaciones.	47
3.7.3 Señalización y Operación	47
3.7.4 Mantenimiento de las Lámparas de Luz Ultravioleta	48
3.7.5 Medidas de Protección	49
4. MÁQUINA BARNIZADORA	50
4.1 SISTEMA DE APLICACIÓN DE BARNIZ U.V	51
4.1.1 Rodillos de Nitrilo	52
4.1.2 Rodillo de Acero.	53
4.1.3 Chumaceras Tensoras.	53
4.1.4 Piñones	54
4.1.5 Cadenas.	55
4.1.6 Limpiador.	55
4.1.7 Recipiente Dosificador y recolector.	56
4.2 SISTEMA DE TRANSPORTE DE PAPEL	56
4.2.1 Malla Metálica	57
4.2.2 Rodillos de banda.	58
4.2.2 Chumaceras de Pared.	58
4.2.3 Soporte de Malla.	58
4.3 SISTEMA DE SECADO	59
4.3.1 Lámparas U.V.	60
4.3.1.1 Lámparas U.V de vapor de mercurio	60
4.3.2 Reflectores.	63
4.3.3 Ventiladores	64
4.3.4 Cubierta	65

4.4 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	65
4.4.1 Motor Eléctrico.	66
4.4.2 Reductor	67
5. DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA BARNIZADORA UV	68
5.1 DISEÑO TÉRMICO	68
5.1.1 Túnel de Secado.	68
5.1.1.1 Lámparas de secado:	69
5.1.1.2 Cubierta de lámparas U.V	70
5.1.1.3 Ventiladores:	72
5.2 DISEÑO MECÁNICO	90
5.2.1 Sistema de Transporte del Papel	90
5.2.1.1 Rodillo principal	90
5.2.1.2 Placa soporte de la banda	95
5.2.2 Sistema de Aplicación de Barniz	96
5.2.2.2 Rodillo de acero	98
5.2.2.3 Chumaceras	98
5.2.3 Sistema de transmisión de potencia	98
5.3 DISEÑO SISTEMA ELÉCTRICO	108
5.3.3 variador de velocidad.	109
5.3.4 cableado.	109
5.3.5 Control de Velocidad.	111
5.3.5.1 Tarjeta variadora de velocidad.	111
6. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN	113
6.1 PARAMETROS DE COBRO	116
6.2 COSTO	116
6.3 TIEMPO REQUERIDO	117
7. PUESTA EN MARCHA, PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS	118

7.1 FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA BARNIZADORA	118
7.2 MANTENIMIENTO	120
7.2.2 Reflector.	120
7.2.3 Rodillos de nitrilo	120
7.3 PRUEBA TÉRMICA	121
7.3.1 Procedimiento	122
7.3.2 Análisis de Resultados.	123
CONCLUSIONES	125
RECOMENDACIONES	127
BIBLIOGRAFÍA	128
ANEXOS	129

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tipos de radiación	39
Tabla 2. Resultados de cada superficie	84
Tabla 3. Características de ventilador axial	89
Tabla 4. Diámetros recomendados para rodillo de banda	94
Tabla 5: Valores permisibles de polea y piñón	105
Tabla 6. Costos de piezas máquina barnizadora	113
Tabla 7. Costos de piezas normalizadas y manufactura	115
Tabla 8. Resultados prueba térmica	123

LISTA DE FIGURA

	Pág.
Figura 1. Proceso de plastificado	25
Figura 2. Papel escarchado	27
Figura 3. Tarjeta barnizada parcialmente	28
Figura 4. Diagrama proceso de barnizado	38
Figura 5. Proceso de polimerización	41
Figura 6. Señal luz ultravioleta	48
Figura 7. Gafas industriales	49
Figura 8. Esquema máquina barnizadora U.V	51
Figura 9. Sistema de aplicación de barniz	52
Figura 10. Rodillos de nitrilo	53
Figura 11. Rodillo de acero	53
Figura 12. Chumacera tensora	54
Figura 13. Piñones	54
Figura 14. Cadena	55
Figura 15. Sistema de transporte de papel	57
Figura 16. Malla metalica	57
Figura 17. Rodillo de banda	58
Figura 18. Soporte malla	59
Figura 19. Sistema de secado	59
Figura 20. Lámpara de vapor de mercurio	60
Figura 21. Ventilador	65
Figura 22. Cubierta	65
Figura 23. Sistema de transmisión de potencia	66
Figura 24. Motor electrico	67
Figura 25. reductor	67
Figura 26. Propiedades de impresión del barniz	69

Figura 27. Reflector	71
Figura 28. Cubierta cámara de secado	72
Figura 29. Distribución de superficies	73
Figura 30. Dimensiones sistema térmico	74
Figura 31. Ángulo de visión	76
Figura 32. Diagrama de resistencias térmicas	80
Figura 33. Área transversal de flujo	86
Figura 34. Dimensiones banda transportadora	90
Figura 35. Diagrama de momentos sobre el rodillo	92
Figura 36. Placa soporte de la banda metálica.	95
Figura 37. Distribución placa soporte	96
Figura 38. Diagrama de fuerzas	99
Figura 39. Conexión lámpara con balastro y capacitor	109
Figura 40. Diagrama unifilar del sistema eléctrico	110
Figura 41. Convención diagrama unifilar	110
Figura 42. Comportamiento del motor con tarjeta variadora	112
Figura 43. Termómetro infrarojo	121
Figura 44. Medición termómetro infrarojo	122

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Radiación	129
Anexo B. Luz Ultravioleta	132
Anexo C. Polimerización	134
Anexo D. Reflexión	139
Anexo E. Planos De Máquina Barnizadora UV	141
Anexo F. Carta de Certificación	197

INTRODUCCIÓN

A través del tiempo la actividad de impresión en general para productos comerciales tiene pocas oportunidades de crecimiento, el deseo que tienen los clientes de impresos de diferenciarse supone una mayor innovación en el aspecto final de los productos impresos, es decir, en sus acabados. Esto genera necesidades en cuanto a la calidad y tipos de acabado que se aplican en los productos impresos y, por tanto, supone nuevas oportunidades de crecimiento, sobre todo si se utilizan nuevas tecnologías para ello.

En el mercado actual, las empresas dedicadas a los terminados gráficos deben ser muy competitivas para asegurar que su negocio continúa con nuevas oportunidades. Adicionalmente deben buscar nuevos servicios, no solamente para permanecer activos y por delante de la competencia sino también para obtener ventajas de negocio procedentes de los clientes actuales.

Las empresas dedicadas a los acabados de los impresos perciben que la oferta básica de troquelado, estampado y plegado no son suficientes para tener éxito en el mercado y tener posibilidades de crecimiento. Un ejemplo de actividades de acabado distintas a este tipo es la aplicación de un barniz U.V. Esta técnica posee ventajas como protección y excelente aspecto visual a un bajo costo, siendo un servicio potencial con opciones decorativas para estas empresas.

Con el ánimo de contribuir con la industria gráfica y que Bucaramanga sea una de las ciudades con mayor fortaleza en el sector de acabados, este proyecto intentara aportar una solución a los requerimientos del mercado local y nacional con la implementación de un máquina capaz de realizar acabados de alto nivel que

logren el desarrollo y eleven la competitividad de la empresa QAP-TERMINADOS GRÁFICOS (interesada en el proyecto de grado).

Basados en las últimas técnicas, se enfocó el proyecto en el diseño y construcción de una máquina barnizadora U.V, la cual pretende satisfacer las demandas del sector gráfico, mediante la aplicación de barniz de secado ultravioleta que garantiza beneficios mencionados anteriormente, haciéndolo más deseado por los clientes de este campo.

1. METODOLOGÍA

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

QAP TERMINADOS GRÁFICOS es una microempresa ubicada en la cra 14 N° 41-20 en la ciudad de Bucaramanga, dedicada a realizar acabados gráficos en el campo de la publicidad generalmente. Dentro los servicios que ofrecen se encuentran: Plastificado (brillante-mate, dry brillante), barnizado U.V (parcial y total) y escarchado.

Actualmente la calidad de los terminados gráficos influye en la perspectiva que tenga el usuario del producto final, es por tal razón que para que un producto sea agradable al cliente debe dar el mejor aspecto visual. Hoy la tecnología nos permite una muy buena variedad de acabados gráficos o procedimientos post impresión. Podemos, por ejemplo, utilizar el barniz U.V. total o parcial, usar tintas especiales para dar determinados efectos en una imagen, utilizar el plastificado total para proteger la impresión; este puede ser brillante, mate, con escarcha, etc. y puede ser al calor o en frío y se pueden imprimir barnices litográficos totales o parciales.

El barniz U.V o ultravioleta forma una película en la superficie en la que se aplica que es comparable con el proceso de plastificación. El barnizado presenta ventajas como: Máximo brillo, bajo olor una vez que se le aplican los rayos U.V, rápido secado después de aplicar los rayos U.V, Acabados de alto nivel, resiste al agua, la grasa y la suciedad, protege mejor las superficies, el proceso de irradiación U.V es sumamente rápido, después de la irradiación se puede continuar con otros procesos, además de ser más económico que el plastificado; por estas razones tiene una gran acogida en el mercado de la publicidad.

Debido a la existencia de aproximadamente 15 microempresas en el sector de Bucaramanga dedicadas al terminado gráfico, se genera una gran competencia entre ellas por ofrecer el mejor servicio para los clientes, y la innovación se convierte en un elemento clave para ello. QAP TERMINADOS GRÁFICOS en sus servicios de barnizado que ofrece, cuenta con una máquina que trabaja un tamaño máximo de $\frac{1}{4}$ de pliego, lo cual no es suficiente para suplir la demanda y requerimientos de rapidez y tamaños exigidos por el cliente, por lo que se hace necesario adquirir una máquina de mayor capacidad.

1.2. JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

Para poder mantener e incrementar la cantidad de clientes, prestándoles servicios con mayor rapidez, tamaños deseados y mayor calidad, y teniendo en cuenta la gran demanda que tiene el barnizado en la ciudad de Bucaramanga, QAP TERMINADOS GRÁFICOS, debe mejorar sus procesos de operación, para lo cual ha decidido implementar una nueva máquina barnizadora U.V que abarque cada uno de estos requerimientos. Para lo cual la microempresa decidió que la mejor opción sería una máquina que duplicara la capacidad del tamaño del papel a barnizar de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ pliego aproximadamente, del producto que ofrece actualmente. Debido a que es una microempresa en pleno crecimiento y al alto costo de las máquinas disponibles en el mercado las cuales están alrededor de los \$20.000.000 (veinte millones de pesos), se estimó que al realizar el diseño y la construcción de una máquina barnizadora reduciría el costo en aproximadamente un 50% con respecto al costo de comprada.

1.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.3.1. Objetivo General. En relación con la misión de la Universidad Industrial de Santander, contribuir con el incremento de la productividad, mejora de la calidad y desarrollo socioeconómico de la industria litográfica, mediante el diseño y

construcción de una máquina barnizadora U.V para QAP TERMINADOS GRÁFICOS, que cumpla con los requerimientos de tamaño, calidad y rapidez, que rigen actualmente el mercado.

1.3.2 Objetivos Específicos. Diseñar y construir una máquina barnizadora U.V, con las siguientes especificaciones y condiciones:

- Ofrezca una capacidad de barnizado total, para un papel de máximo 1/2 pliego aproximadamente (50x70).
- Tenga un tiempo total del proceso máximo de 10 segundos.
- El barniz aplicado sobre el papel salga totalmente seco e inodoro al final del proceso.
- Cuento con un sistema de transporte desde el punto donde sale el papel con el barniz aplicado hasta la cámara de secado, y posteriormente al lugar de expulsión.
- Control de velocidad para barnizado total y parcial.

Para lo cual se deben construir los siguientes subsistemas:

- sistema de alimentación y aplicación de barniz en toda la superficie del papel.
- Sistema de transporte del papel, con control de velocidad para secado de barniz total y parcial.
- Túnel de secado U.V (lámparas de secado U.V y ventiladores).

2. TERMINADOS GRÁFICOS

El sector de las artes gráficas está constituido por empresas dedicadas a la edición, preimpresión, impresión y acabado, junto con otras dedicadas a la manipulación de los distintos tipos de papel. Esta serie de procesos dan lugar a productos tales como libros, revistas, carteles, folletos, libretas, etiquetas, etc.

Este sector posee un alto grado de atomización, con predominio de empresas de pequeño y mediano tamaño, surgiendo para estas dos últimas la necesidad de asumir cambios tecnológicos, mediante la incorporación de equipos altamente automatizados y con tiempos de ajuste más cortos, para lograr disminuir costos de producción y gastos innecesarios.

La incorporación de estos avances tecnológicos es un factor primordial para poder atender y adaptarse a las necesidades de los clientes, por esta razón las empresas del sector gráfico se concentran en lugares con mayor presencia empresarial o institucional.

La demanda del sector gráfico depende de la evolución del gasto publicitario y promocional de las empresas y de factores demográficos, como el incremento de la población, que determinarán un mayor o menor consumo de productos culturales, de ocio, o información. Ante estos condicionantes una positiva evolución de la economía implica un mejor comportamiento del sector. Por esta razón las empresas de pequeño y mediano tamaño, deben adaptasen a estas necesidades y brindar las mejores opciones de acabados que son tan solicitados, para lograr tener un espacio en el mercado a medida que este evoluciona.

De las técnicas de terminados gráficos existentes en el mercado, las más solicitadas son:

- Plastificado (brillante, mate, y dry brillante)
- Escarchado
- Barnizado U.V (total y parcial)

2.1 PLASTIFICADO

Figura 1. Proceso de plastificado



Fuente: <http://www.omanimpresores.com/acabados/acabados-especiales>

El plastificado es una técnica que consiste en cubrir una impresión con una lámina de polipropileno que puede estar entre 23 micras (plastificado brillante) y 25 micras (plastificado mate) otorgando ventajas de protección y brillo. Este proceso tiene como característica principal proteger la impresión de modo que mantiene los colores vivos por más tiempo y evita el daño por roces.

La película de polipropileno presenta una gran elasticidad y buena resistencia al rasgado, por lo que soporta con plenas garantías el hendido y doblado. Esto la hace adecuada para cubiertas, revestimientos, etc. Así mismo, puede aplicarse barnizado ultravioleta o stamping por calor sobre el pliego plastificado. Adicionalmente tiene menor tendencia a acumular electricidad estática y poca fricción, por lo que los pliegos plastificados deslizan con facilidad y permite mayor velocidad de proceso en operaciones posteriores, también es resistente al agua, la grasa, la suciedad y el paso del tiempo.

El plastificado mate absorbe la luz y otorga un efecto de "carbón" a sus trabajos con una textura suave al tacto. Este tipo de acabado se suele elegir por razones de estética, pues tiene un aspecto diferente y de gran elegancia. Además de su contribución a la durabilidad del trabajo, las huellas de las manos no se imprimen en el mismo logrando un producto de calidad superior.

El plastificado brillante es opuesto al plastificado mate, que a diferencia de este refleja la luz, y como su nombre lo indica da un acabado brillante a los trabajos. Esta terminación es muy similar al Barnizado U.V y presenta las mismas ventajas que aplican de igual manera para el laminado mate.

El plastificado dry brillante es un sistema de laminación al calor, especial para brindar de manera simultánea brillo y cuerpo a los impresos gracias al micrage y calidad de la película. Esta técnica permite realizar con mayor facilidad reservas de pegue en los impresos, además que disimula el talco antirepise y ofrece la posibilidad de emplearse en sustratos porosos.

El plastificado se recomienda en aquellos casos que requieran un pegado posterior del plástico, por ejemplo en solapas de estuches, salvo que el pegado se efectuó con cinta de doble cara.

2.2 ESCARCHADO

Figura 2. Papel escarchado



Fuente: <http://www.detodopapel.com>

Este tipo de gráfico se utiliza en impresos de expresión social, aplicando barniz con glitter o escarcha de 0,4 micras de espesor, resaltando los impresos destinados a niños y adolescentes. La aplicación de esta escarcha se realiza en dos porcentajes: al 100% donde la aplicación es total de escarcha sobre el área definida, y al 30% la cual aplica escarcha parcialmente sobre el área definida, en esta última el barniz brillante aplicado tiene mayor prevalencia e importancia. Esta técnica permite conseguir resultados brillantes sobre una extensa gama de substratos, desde los géneros de punto fino hasta los tejidos técnicos.

2.3 BARNIZADO U.V

El barnizado U.V consiste en aplicar una fina capa de barniz transparente sobre un material impreso. La capa de barniz sirve de protección para evitar roces o ralladuras. Además de evitar la actuación de diversas sustancias químicas también producen efectos superficiales, tales como brillo y matices mates, creando efectos de realce sobre determinadas zonas del producto (especialmente

imágenes y logotipos), ya que el barniz tiene la facilidad de ser aplicado de forma total o parcial sobre una impresión a diferencia del plastificado y a un costo más bajo.

Figura 3. Tarjeta barnizada parcialmente



Fuente: <http://www.omanimpresores.com/acabados/acabados-especiales/barniz/>

2.3.1 Características y Propiedades del Barnizado U.V. Las propiedades que obtiene el barniz U.V se deben a su construcción química y la forma como se forma la película. A diferencia del barniz de dispersión (en base agua) que se seca por la penetración de la tinta en el papel o la vaporización de sus componentes de agua, el barniz U.V se seca por medio de una reacción química iniciada por energía ultravioleta, que hace pasar el barniz de fase líquida a sólida instantáneamente.

Cuando las sustancias de barniz no reciben suficiente U.V, permanecen pegajosos y blandos, emitiendo un olor intenso. Mediante la selección de materias primas especiales se ha podido conseguir que los barnices líquidos prácticamente estén inodoros y, cuando las circunstancias son muy favorables, se convierten en productos exentos de monómeros. A fin de lograr un brillo muy intenso, el barniz U.V necesita una fase de sedación, antes de que los rayos U.V pasen a convertir

el barniz en una película de plástico. Por este motivo resulta ventajoso que las máquinas de secado cuenten con un trayecto para la distribución del barniz antepuesto al secador.

El brillo de la película de barniz seca, no sólo depende de la estructura del barniz U.V, sino también decisivamente del espesor de la capa y del fondo. Un resultado óptimo puede lograrse dentro del alcance de 4 a 5 g/m².

Debido al procedimiento técnico, la mayoría de los barnices U.V lleva un exceso de fotoiniciadores, los cuales no deberán transmitirse a productos alimenticios. Dado que estas sustancias muchas veces pueden comprobarse todavía en la película de barniz endurecida, los productos provistos de barniz U.V no son aceptables para embalajes/envases primarios destinados a productos alimenticios aunque en otros países a semejantes riesgos no se les atribuye tanta importancia. Para la utilización de embalajes/envases secundarios, este barniz no ofrece ningún riesgo.

2.4 INDUSTRIA GRÁFICA EN LATINOAMERICA

Los sectores de la industria gráfica en Latinoamérica han adquirido nuevas tecnologías, y han seguido teniendo una gran capacidad de inversión a pesar de los cambios que aceleran y desaceleran este proceso, causados por el crecimiento de la industria en los últimos diez años. Algunas grandes empresas, particularmente en México y Brasil, han adquirido el status de empresas de talla mundial en sus mercados, considerando sus niveles de eficiencia, calidad y servicio, aunque su impacto en el sector no ha logrado modificar la balanza comercial negativa en sus países. Además, un sector de empresas medianas y pequeñas ha logrado tener tasas de crecimiento económico continuo, y se propone ahora lograr una renovación tecnológica para incrementar su competitividad en un contexto de competencia globalizada. El aumento en los

dineros adquiridos por el sector gráfico de la región se demuestra en el hecho de que para algunas empresas proveedoras de la industria, igualmente han incrementado sus ventas.

2.4.1 Incremento en la Demanda Publicitaria de Latinoamérica. El gasto publicitario abarca un factor individual decisivo en la variación del mercado de la industria gráfica en todo el mundo. Los pronósticos para 2013 muestran una doble pendiente de la que hace parte Latinoamérica. De hecho, Brasil y Argentina hacen parte de las diez naciones que contribuyen con el crecimiento del gasto publicitario en el mundo será más grande, entre 2011-2014, y es probable que Brasil alcance en 2013 el quinto puesto superando en valor al Reino Unido y después de Estados Unidos, Japón, China y Alemania.

2.4.2 Comportamiento del Mercado Gráfico en Brasil, México y Colombia. La industria gráfica de Brasil en el 2013 ha tenido un desempeño superior con respecto al año anterior, teniendo en cuenta el considerable impulso que ganó la economía al entrar en una fase de aceleración de su crecimiento. Con este impulso logró una tasa de crecimiento del PIB gráfico entre 3 y 4%.

En el 2012 el sector gráfico terminó con un crecimiento alrededor del 1%. Fue un año de desaceleración. En el primer semestre de 2012, los sectores de empaques de papel presentaron una expansión, mientras que los sectores de impresos comerciales, diarios, empaques flexibles y productos de editoriales decrecieron, en comparación con el mismo período del año anterior. En el 2013, se obtuvo un crecimiento del sector entre 4 y 5%.

La industria gráfica de México obtuvo en 2013 un desempeño similar al del año anterior aunque sin el impulso que le proporcionó a la impresión comercial el año electoral. México logró una tasa de crecimiento del PIB gráfico entre 2 y 3%. El sector gráfico en su afán de incrementar su competitividad y productividad laboral

está empeñado en incursionar en el entorno de negocios mexicanos los cuales ofrecen grandes oportunidades para las compañías interesadas en adoptar una visión de negocio moderna y diversificada.

Colombia mostró en el 2013 un desempeño económico similar al del año anterior y cumplió el primer año de entrada en vigencia del tratado de libre comercio con estados unidos, con esto se logró un estímulo a las exportaciones. La Asociación Colombiana de la Industria de la Comunicación Gráfica, publicó un informe correspondiente al acumulado del primer semestre de 2012, en el cual la industria reportó un decrecimiento de 0.6% en la producción real en relación al mismo período del año anterior; sin embargo, el sector de empaques y etiquetas de mayor dinamismo, mostró un crecimiento de 12.7%. Aunque los indicadores muestran una desaceleración de la economía, según María Alexandra Gruesso¹, se espera que el auge del consumo en el último trimestre sea favorable, especialmente para los segmentos de empaques y etiquetas, así como para el sector de publicocomerciales, jalonado por el buen comportamiento en este periodo de sectores clientes como bebidas, comercio, cosméticos y alimentos.

En el acumulado de agosto de 2012, las exportaciones mostraron una disminución de 5% en el valor exportado, influenciado por una caída de 21% en el valor exportado de libros cuyas ventas representan el 32% de las exportaciones de la industria. Las ventas a estados unidos disminuyeron 23% en el acumulado enero-agosto de 2012, respecto al mismo periodo del año anterior, con caídas en empaques de papel y cartón, libros, material publicitario y comercial y publicaciones periódicas, a pesar del repunte de los segmentos de artículos escolares y de oficina y etiquetas².

¹ GRUESSO, María Alexandra. La industria gráfica latinoamericana en 2013. En: *Graphics of the Americas*. Orlando. 2013. No.1. p.9.

² SILGADO, Carlos. Perspectivas del crecimiento en un entorno complejo. *Graphics of the Americas*. Orlando. 2013. p.8-9.

La industria gráfica en Latinoamérica atraviesa por un período de transformación similar al de la industria gráfica global, pero a ritmo propio, con grandes oportunidades para las empresas que estén dispuestas a refinar su visión, mejorar su competitividad, calidad y productividad, invertir en tecnologías, y adoptar métodos y filosofías de producción limpia.

2.5 INDUSTRIA GRÁFICA EN COLOMBIA

La industria gráfica es un sector con posibilidades de desarrollo que cuenta con el apoyo del gobierno nacional para dinamizar la economía y convertirlo en un sector emergente al igual que otros sectores de la economía nacional. El gobierno ha realizado planes de negocio con el ministerio de comercio, industria y turismo, Proexport y Bancoldex, donde el 50% del costo del proyecto será asumido por el sector y el otro 50% por cuenta del ministerio.

En Colombia existen 2296 empresas dedicadas a las actividades gráficas, con un PIB representado por 3,7% del PIB industrial, generando 31 mil empleos directos. Aproximadamente el 50 % del valor de la producción bruta de la industria corresponde a valor agregado, y el 75% del consumo intermedio corresponde a materias primas, de estas el 50% son papeles y cartones.

María Reina³ Presidenta de ANDIGRAF argumenta: se debe tener en cuenta la presión para disminuir el impacto ambiental y la penetración de trasnacionales, además el sector presenta una serie de necesidades:

- Transformación productiva basada en innovación y adopción de nuevas tecnologías
- Revisión de la capacidad instalada

³ REINA, María. (01 de 10 de 2010). *buenas tareas*. Recuperado el 06 de 12 de 2013, de http://www.buenastareas.com/ensayos/Artes-Graficas-En-Colombia/871271.html?_p=2

- Aumentar exportaciones en servicios
- Marketing directo
- Personalización de la comunicación

Colombia se encuentra dentro de los principales proveedores de materia prima en el mundo para la industria gráfica. El sector gráfico es apoyado por entidades como ANDIGRAF y CIGRAF para unir, impulsar y promocionar el sector y volverlo más competitivo, uno de los eventos más reconocidos es la feria del sector gráfico llamada “Andigrafica”.

2.5.1 CIGRAF. En sus comienzos IFTAG creado como instituto contó con una primera etapa que se desarrolló entre 1992 y 1995 cuyo fin fue fomentar la capacitación y el desarrollo tecnológico en la industria gráfica. En el campo de la capacitación y formación profesional, la fundación actuaría como instituto de educación no formal, conforme a las normas vigentes. Durante la segunda en etapa, la cual se desarrolló entre 1995 y 2000 se inicia al ser seleccionado como uno de los centros que serían objeto de financiación por parte del estado dentro de la política de ciencia y tecnología.

Así mismo se reorienta su portafolio de servicios con énfasis en actividades dirigidas a las empresas: Capacitación por demanda, auditorias técnicas de planta y seminarios de actualización.

En su tercera etapa, desde el 2000, CIGRAF, es dotado de nuevos estatutos y cambia su denominación a Centro de Desarrollo Tecnológico. De esta manera incrementa la productividad y competitividad de la industria gráfica colombiana, mediante la realización de acciones en las áreas de innovación, desarrollo tecnológico y formación técnica, y a su vez decide hacer una ampliación de la Sala General y vincular proveedores y otras empresas gráficas.

CIGRAF cuenta hoy con expertos técnicos gráficos a nivel nacional e internacional, que le permite dar solución a las necesidades de la industria. Cuenta con reconocimiento de Colciencias, Ministerios de Comercio, Industria y Turismo, SENA, FOMIPYME, y demás entidades de cofinanciación de proyectos. Posee metodologías propias para proyectos asociativos e implementación de competencias laborales, y se proyecta como un Centro de Innovación y Transferencia de Tecnología para la Industria Gráfica

2.5.2 ANDIGRAF. Es un gremio de industria especializado y a nivel jurídico es una corporación civil de interés colectivo, sin ánimo de lucro. Su objetivo es asociar a las empresas gráficas colombianas y a los representantes de la industria proveedora. Dentro del propósito de promover el desarrollo de la industria gráfica, realiza gestiones a nivel nacional e internacional, con la tendencia a garantizar condiciones adecuadas al desarrollo integral de las empresas, la ampliación de los mercados, el abastecimiento adecuado y oportuno de maquinaria, materias primas e insumos, la formación de recursos humanos y la realización de ferias y programas tecnológicos.

Creado en 1975 por cincuenta empresarios gráficos, en el 2004 – 2007. ANDIGRAF por intermedio del Consejo Gremial Nacional, participa directamente y defiende los intereses del sector gráfico en la construcción de la posición negociadora del país en los TLC con Estados Unidos, Canadá, Unión Europea, Triángulo Norte de Centroamérica y EFTA.

3. GENERALIDADES DEL BARNIZADO U.V

3.1 HISTORIA

Los primeros barnices se desarrollaron mediante la mezcla de resina de pino savia, por ejemplo con un disolvente y aplicar con un pincel para conseguir el efecto de oro, que endurecido se ve en barnices de hoy. Los antiguos egipcios conocían bien el arte de barnizar, pero su origen parece estar lejos al este de allí, en la India, China y Japón, donde la práctica de la laca, una especie de aplicación de barniz, se conoció en una fecha muy temprana. Se ha afirmado que el Japón estaba familiarizado con el arte de la laca en un 500 o 600 antes de Cristo, pero la mayoría de las autoridades de colocar su primer uso allí para el siglo tercero D.C, como un arte adquirido de sus vecinos, los coreanos. Los pueblos de China y de la India probablemente conocían el arte mucho antes de que los japoneses. Generalmente al trabajo de barniz y laca se da un trato por separado como artes distintas.

Durante 1999 el mercado de la tecnología Ultravioleta creció un 10% en Estados Unidos, Europa y América Latina, y se proyecta como uno de los sectores económicos con más alto crecimiento productivo. En Estados Unidos las ventas de U.V han crecido de 45000 toneladas métricas en 1995 a 70000 toneladas métricas en 1999, por ello el pronóstico de incremento en las ventas para el periodo 2000-2005 se supone será del 8% al 10 %. La tecnología de curado U.V está siendo usada en muchas aplicaciones industriales tales como tintas de inyección, instrumental médico y odontológico, fibra óptica, adhesivos, recubrimientos de automóviles, recubrimientos electrónicos, envases metálicos, discos compactos, productos de madera, etc. El crecimiento de consumo de barniz U.V se debe al alto brillo, secado instantáneo, tiempo de curado reducido y principalmente a la disminución de los costos de éste con respecto a la laminación con películas

plásticas, el cual actualmente cuesta \$0.08 dólares americanos por metro cuadrado de superficie aplicada, lo cual es muy económico dadas las bondades de éste producto⁴.

Hace 10 años en Colombia se consumían alrededor de 5 ton/mes de barniz U.V, actualmente se consumen cerca de 12 ton/mes, distribuidas en las siguientes ciudades⁵:

Bogotá	6 Ton/mes
Cali	3 Ton/mes
Medellín	1.5 Ton/mes
Otros	1.5 Ton/mes

Una de las industrias que ha utilizado la aplicación de barniz en sus productos es la metalgráfica. Desde principios del siglo XX los fabricantes de recubrimientos comenzaron a apoyar al desarrollo del mercado del envase, llegando muy pronto a la fabricación de barnices interiores a base de resinas oleo-resinosas; más tarde llegaron las fenólicas, hasta que en el año 1935 se comienzan a enlatar cervezas, lo que supuso la aparición de los revestimientos vinílicos.

Los desarrollos que se van consiguiendo en este sector, son acaparados por la tecnología y la investigación de empresas de Estados Unidos, Alemania y Gran Bretaña, que con el paso del tiempo van otorgando licencias en muy distintos países.

Dentro de la industria metal-gráfica, la utilización de barnices y lacas siempre ha originado un subsector especial de conocimientos muy especializados, dando lugar a una industria auxiliar dedicada a su aplicación - junto con la litografía - en la que se apoyan muchos fabricantes de envases sobre todo los de pequeño tamaño. La

⁴ GOMEZ, M., & SABOYA, C. (2003). Desarrollo de un barniz de secado por luz ultravioleta para el sector de las artes gráficas en Colombia. Manizales: Universidad Nacional.

⁵ GOMEZ, M., & SABOYA, C. (2003). Desarrollo de un barniz de secado por luz ultravioleta para el sector de las artes gráficas en Colombia. Manizales: Universidad Nacional.

causa de ello no es solo el conocimiento necesario para su definición y uso sino también las fuertes inversiones que se requieren para su aplicación, difíciles de amortizar en las sociedades con un volumen medio o bajo de facturación⁶.

3.2 PROCESO DE BARNIZADO U.V

El proceso de barnizado comienza poniendo el papel sobre una mesa que sirve como apoyo, desde la cual es arrastrado por uno rodillos los cuales son encargados de aplicar el barniz U.V. Al salir de los rodillos de aplicación, cae sobre una banda transportadora la cual permite variar su velocidad, esta velocidad depende del papel y al tipo de barnizado a aplicar (total o parcial); el operario es el encargado de aumentar o disminuir la velocidad teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante del barniz U.V, y un criterio propio sobre la calidad del secado.

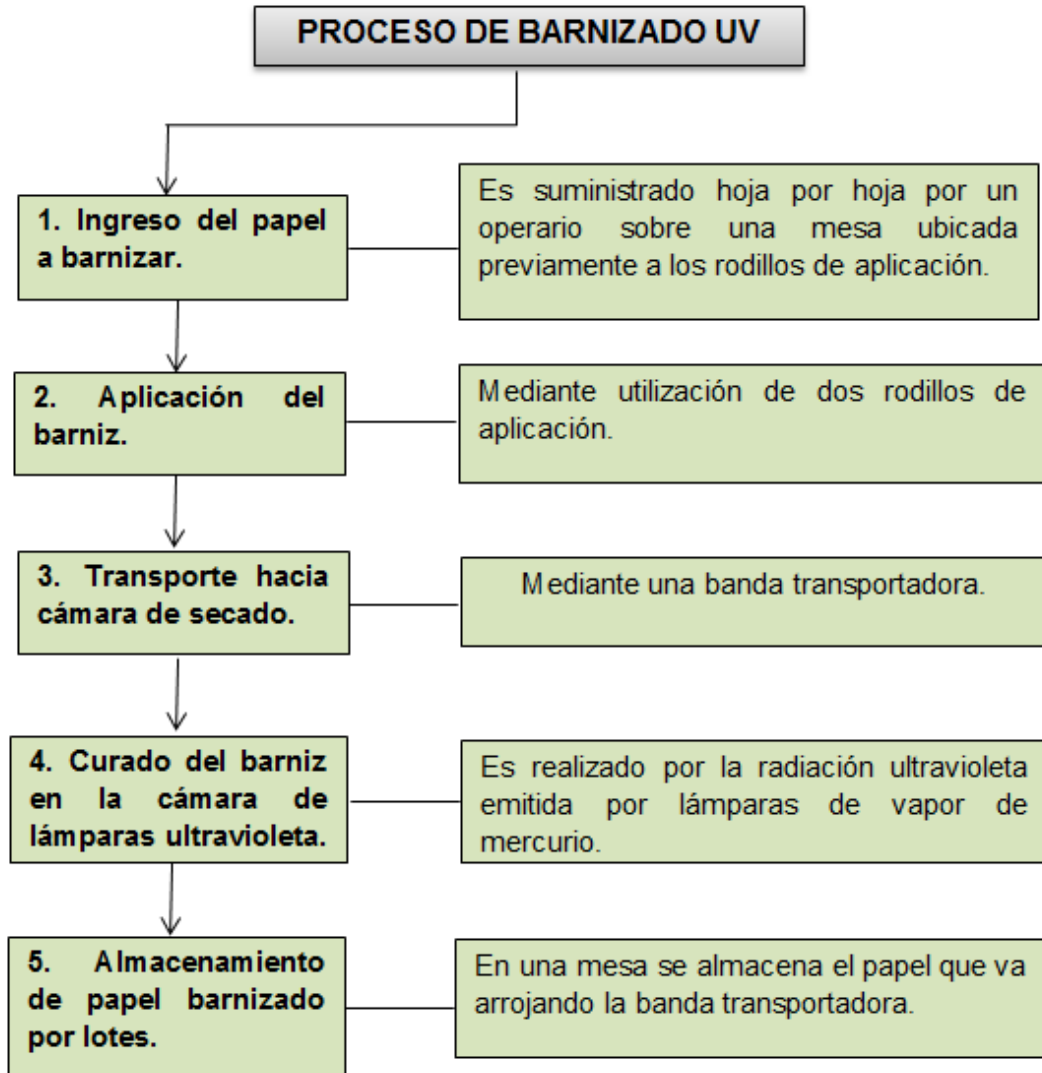
La banda transporta el papel desde la salida de los rodillos hasta la cámara de secado, en este tramo se realiza un proceso de sedación, el cual debe ocurrir antes del curado. Luego de la sedación, ingresa a la cámara de secado donde se encuentran ubicadas lámparas de luz ultravioleta, las cuales generan la radiación necesaria para realizar el proceso se curado.

Finalmente el papel sale con un barniz seco, y es arrojado por la banda transportadora sobre una mesa inclinada donde se va almacenando por lotes.

Este proceso de barnizado lo podemos resumir en 5 pasos como se muestran en el siguiente mapa conceptual:

⁶ VALDERAS, Alejandro. (14 de 11 de 2012). *El Mundo de la Lata*. Recuperado el 12 de 12 de 2013, de <http://www.mundolatas.com/Informacion%20tecnica/BARNICES.htm>

Figura 4. Diagrama proceso de barnizado



Fuente: Autor

3.2.1 Curado de Barniz U.V. La aplicación de barnices para el sector de las artes gráficas está basada en dos tecnologías de curado: Ultravioleta y Haz de Electrones, las cuales pueden ser aplicadas en la mayoría de los procesos de impresión. La principal característica de estos barnices es pasar de una fase líquida a una fase sólida instantáneamente, por medio de una reacción química que bien puede ser iniciada por energía Ultravioleta o Haz de Electrones.

El término radiación es el término usado para describir el paso de la energía desde una fuente transmisora hacia un cuerpo receptor sin intervención de ninguna otra materia. En el curado de barnices se han encontrado Cuatro tipos de radiación, los cuales son:

Tabla 1. Tipos de radiación

Tipo de Radiación	Partícula Radiante
Microondas y Radiofrecuencia	Fotón
Infrarrojo	Fotón
Ultravioleta	Fotón
Haz de Electrones	Electrón

Fuente: Autor

La radiación U.V se ha utilizado para iniciar procesos de curado desde hace mucho tiempo y se han reportado resultados desde antes de 1960. Los materiales de curado U.V se polimerizan cuando se exponen a una fuente de radiación la cual actúa sobre cadenas moleculares de monómeros, oligómeros y fotoiniciadores para formar polímeros. Los oligómeros son creados por uniones de tres a cinco moléculas de monómeros los cuales forman cadenas que tienen entrecruzamientos. Estas cadenas de polímeros pueden ser miles de oligómeros y monómeros.

La polimerización es iniciada por un componente del barniz llamado fotoiniciador. Un fotoiniciador absorbe la energía U.V y forma radicales libres o cationes y aniones. El fotoiniciador debe recibir suficiente energía U.V para romper en radicales libres, cationes o aniones, iniciando de este modo una reacción en cadena. Estos radicales libres y cationes poseen la suficiente energía para crear un polímero a partir de monómeros y oligómeros.

Una reacción por radicales libres genera una reacción muy rápida que ocurre casi instantáneamente (milisegundos) y por propósitos prácticos se considera que la reacción es completa. Solo cantidades muy pequeñas de monómeros, oligómeros y fotoiniciadores permanecen sin reaccionar instantáneamente y deben reaccionar muy lentamente a medida que se difunden a través del polímero formado.

Por otro lado una reacción catiónica es más lenta y debe tomar algunos segundos hasta que se completa. Afortunadamente los cationes son más estables que los radicales libres y por ende duran mucho más tiempo.

Al inicio de la reacción las moléculas de monómeros y oligómeros son suficientemente pequeñas para moverse, y por ello el estado es líquido. A medida que la polimerización progresa las cadenas de polímeros crecen en longitud y comienzan a moverse menos, formando un gel. En el estado de gel el polímero se solidifica pero no tiene suficiente fuerza mecánica. A medida que la polimerización continúa el entrecruzamiento ocurre y el polímero gana resistencia mecánica. El material está completamente curado cuando los procesos de polimerización y entrecruzamiento están virtualmente completos. El entrecruzamiento interconecta cadenas de carbono y como resultado provee a los polímeros de una gran resistencia a la abrasión, temperatura y deterioro entre otros.

Los recubrimientos de tipo U.V secan por polimerización y entrecruzamiento formando una película sólida. Hay muchos mecanismos de polimerización, sin embargo actualmente solo dos mecanismos de polimerización son usados en el curado U.V: polimerización por radicales libres y polimerización catiónica. La radiación U.V rompe la molécula fotoiniciadora por fisión homolítica (para obtener radicales libres), o fisión heterolítica (para obtener cationes y aniones). La fisión se refiere al rompimiento de una molécula más que a un átomo (éste caso no corresponde con las reacciones nucleares). Estos radicales libres y cationes se combinan con moléculas de monómeros y oligómeros para formar un polímero.

Este proceso de polimerización lo podemos resumir como “**un proceso químico por el cual, mediante la luz ultravioleta, se unen varias moléculas de un compuesto para formar una cadena de múltiples eslabones de aquellas, y obtener una macromolécula (polímero)**”

Todas las polimerizaciones tienen un detalle en común: comienzan con, moléculas pequeñas, que se van uniendo entre sí para formar moléculas gigantes. Así, los procesos de polimerización persiguen la obtención de estructuras de alto peso molecular partiendo de materiales de bajo peso molecular. Este proceso se simboliza en la figura 5.

Figura 5. Proceso de polimerización



Fuente: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/>

3.3 VELOCIDAD DE CURADO

El curado de un barniz U.V se considera instantáneo, pero en realidad existen diferentes velocidades de curado entre los productos U.V. Esto depende del proceso de impresión, de los objetos a imprimir y de los colores. Debido a las diversas aplicaciones, a las variaciones entre los tipos de papel a utilizar y a los procesos anteriores a la aplicación de barnizado U.V, se debe encontrar una relación adecuada entre velocidad y curado U.V, que satisfaga el acabado

deseado teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante de la tinta o barniz a utilizar.

3.4 OZONO Y OLORES

El ozono es una forma alotrópica del oxígeno, y puede ser producido por una fuerte descarga eléctrica o por una radiación ultravioleta (con una longitud de onda de alrededor de 180 nm.) en presencia de oxígeno. En la práctica, la mayor parte del ozono se produce cuando la lámpara U.V se encuentra en funcionamiento. En el caso de unidad de curado, el ozono se extrae del ambiente de trabajo mediante los ventiladores, que a su vez refrigeran la misma lámpara.

Mediciones efectuadas en diversas imprentas muestran que la cantidad de ozono cerca de la máquina es del orden de 0,05 partes por millón, esto corresponde a 0,1 mg por m³ de aire. Tales concentraciones representan solo la mitad del nivel máximo admisible por los estándares de la seguridad en el trabajo.

El ozono tiene un olor característico, pero en ocasiones se confunde con aquellos olores que desprenden ciertos papeles expuestos a radiaciones ultravioleta; por otro lado, estos olores se pueden atribuir a productos en base a caseína, presentes en los papeles y cartoncillos.

3.5 TINTAS U.V

En el mercado encontramos equipos de impresión digital que utilizan tintas de curado U.V, mientras que otros utilizan tintas de base solvente. Cabe destacar que las primeras no reemplazan a las de base solvente, debido a que están diseñadas para dar ventajas específicas según los requerimientos de sus aplicaciones.

Las tintas U.V se “endurecen” cuando son expuestas a luz ultravioleta, esto proporciona varias ventajas frente a las tintas de base solvente, ya que la tinta U.V es curada en lugar de secada. Con esto se evitan inconvenientes de secado de la tinta en partes de la máquina y reduce la cantidad de mantenimientos.

A diferencia de los sistemas de tintas de base solvente no hay necesidad de instalar un extractor de humos, y a pesar de que las tintas U.V son más respetuosas con el medio ambiente deben ser utilizadas, almacenadas y desechadas correctamente.

3.5.1 Ventajas de las Tintas U.V

- **Mayor saturación de color:** la tinta de curado U.V proporciona una mayor saturación de color con menos tinta que la de base solvente. Esto se produce debido a que la tinta se cura a sólido y proporciona una masa más opaca que su homóloga en tintas solventes, de esta manera se consigue un efecto de mayor profundidad en las imágenes.
- **Curado más rápido:** el curado de las tintas U.V se realiza por polimerización y no por evaporación (que es el caso de las tintas solventes). Las tintas pueden curarse en un tiempo de 1 a 3 segundos, con lo que requiere menos tiempo de parada bajo la fuente luz de curado. Tampoco hay necesidad de pre o post calentar las superficies, ni de incorporar secadores, ya que no es necesario el calor en el proceso de curado.
- **Reducción de las tareas de mantenimiento:** gracias a la rapidez de curado y a las rutinas de mantenimiento mejorado, las funciones de mantenimiento manual se han reducido significativamente, las rutinas de encendido y apagado ocupan solo unos segundos y la intervención del operario durante el proceso es mínima.

- **Reducción del impacto ambiental:** las tintas U.V prácticamente no producen emisiones de compuestos orgánico volátiles (VOC) en comparación con las tintan base solvente. Además las tintas de secado U.V desprenden un olor mínimo y no generan químicos tóxicos.

La composición de las tintas U.V se compara con las tintas en bases oleorresinosas o de las líquidas. Estas poseen los mismos componentes fundamentales: los pigmentos, los colorantes y los ligantes. En las tintas U.V, los ligantes están constituidos por una mezcla de oligómeros y monómeros que juegan respectivamente el rol de las resinas y diluyentes.

3.5.2 Componentes de las Tintas U.V. A continuación se describen las funciones y características de cada uno de los componentes de una tinta U.V:

- **Pigmentos:** estos aportan el color. Se caracterizan por su forma, transparencia y por la propiedad de resistencia, por ejemplo: solidez química, resistencia al calor e inalterabilidad a la acción de la luz. En los productos de curado U.V, los pigmentos influyen enormemente en la capacidad que tiene la radiación U.V de penetrar en la película de tinta y en consecuencia en el proceso de curado.

Por otra parte tienen el papel de dar estabilidad de las tintas durante el almacenamiento, en la fluidez del color mismo y en el equilibrio agua/tinta de los colores litográficos U.V.

- **Monómeros:** se emplean como diluyente reactivo. Esto influye en la tensión superficial, la dureza y adhesión; además contribuye con la velocidad de curado, y la resistencia mecánica y química.
- **Oligómeros:** en combinación con los monómeros estos constituyen el ligamiento de la tinta. Su capacidad para humectar la superficie de los

pigmentos asegura una buena cohesión de la tinta misma. Con lo concerniente al resultado de la impresión los oligómeros son responsables de: velocidad de curado, elasticidad y dureza o adhesión.

- **Fotoiniciadores:** son los responsables de activar la reacción de polimerización, su eficacia influyen en: el tratamiento superficial de curado, el curado interno y el grado total de polimerización.
- **Aditivos:** estos proporcionan propiedades complementarias a las tintas tales como: estabilidad en el almacenamiento, control de deslizamiento, y resistencia al rayado y la abrasión.

3.6 PAPEL

Las tintas U.V. pueden ser utilizadas en la litografía offset, tipografía, flexografía o serigrafía. Las características más importantes del papel, en lo que respecta a las tintas, es la porosidad del mismo, la calidad de su superficie y su peso. Tales propiedades pueden ser valoradas con test apropiados, y pueden tener el siguiente impacto sobre la impresión final:

- Una elevada porosidad conduce a una falta de brillo, puesto que la tinta puede penetrar en el interior del papel.
- Una elevada porosidad puede provocar un tratamiento U.V incompleto, a causa de la penetración de los fotoiniciadores y/o de los monómeros en el papel.
- Una falta de porosidad y/o una superficie muy lisa hacen que el papel se parezca a un sintético, y en este caso la adhesión de la tinta debe ser muy controlada.

- superficies más rugosas favorecen la adhesión, pero comprometen la resistencia al frote.

3.7 NORMAS PARA EL USO DE LUZ ULTRAVIOLETA

Las normas por las cuales se debe regir el uso de lámparas de luz ultravioleta, debe contemplar todos los riesgos que se puedan presentar debido a la instalación, utilización y desecho de las mismas. Partiendo de estas consideraciones, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

3.7.1 Normas Generales de Seguridad

- Limitar o minimizar el tiempo de exposición a la luz ultravioleta.
- Cumplir con las recomendaciones suministradas por el fabricante sobre el manejo y cuidado de los equipos.
- Conocer la longitud de onda con la que se trabaja, o el tipo de fuente de radiación que emplea. (Esta información la suministra el fabricante).
- Conservar siempre y leer regularmente la documentación técnica de los equipos que se tengan.
- Verificar que la instalación sea adecuada y realizada por un especialista en este tipo de elementos.
- Reducir y controlar el área de superficie sobre la que inciden estas radiaciones, encerrándola o limitándola lo máximo posible.

- Instruir y capacitar a todo trabajador sometido a radiaciones ultravioletas en el proceso de inducción y reinducciones en forma repetida, verbal y escrita de los riesgos a que está expuesto y los medios apropiados de protección.

3.7.2 Instalaciones. Las fuentes de luz U.V-C se deben ubicar en compartimientos, o cabinas individuales o lugares que permitan aislar la fuente en forma adecuada, mediante mamparas o cortinas especiales, con el fin de evitar la dispersión de radiación ultravioleta hacia otras áreas. Los compartimientos deberán tener paredes interiores techos y pisos que no reflejen las radiaciones.

Se debe garantizar una buena renovación del aire en el ambiente de trabajo, pues se pueden generar apreciables cantidades de ozono, que es un gas obtenido por ionización del aire, entre otros métodos, al exponerlo a luz ultravioleta. El ozono es un compuesto altamente oxidante que se descompone muy rápidamente, es tóxico aún en bajas concentraciones, por esta razón se debe airear adecuadamente un área que ha mantenido en funcionamiento luz U.V por un tiempo considerablemente largo.

3.7.3 Señalización y Operación

- Cuando esta está en uso, se debe mantener cerrada la puerta de acceso al área de utilización de luz ultravioleta y no se debe permitir el acceso de personal no autorizado a la zona.
- Se debe señalar apropiadamente el área e implementar señalización visual que permita informar sobre el funcionamiento de luz U.V. Puede utilizarse el símbolo general de radiaciones no ionizantes adaptado así:

Figura 6. Señal luz ultravioleta



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_no_ionizante

- Debe evitarse cualquier exposición innecesaria aún con los ojos y la piel cubiertos, para ello es indispensable implementar sistemas de encendido o apagado por fuera de la zona o área de ubicación de la fuente de luz U.V. Nunca debe mirarse directamente la fuente de emisión.
- No deben descubrirse las fuentes de rayos ultravioleta ni infrarrojos (U.V – I.R) ya que estos rayos pueden producir lesiones en los ojos o la piel.
- Abstenerse de realizar reparaciones o ajustes en los equipos, esto debe ser realizado por personal capacitado quienes se encargaran de realizar mantenimiento correctivo y preventivo periódicamente programado.

3.7.4 Mantenimiento de las Lámparas de Luz Ultravioleta. Es muy importante que las lámparas sean limpiadas periódicamente con alcohol y se verifique su efectividad con cierta frecuencia, al menos anual, debido a que estas pierden su efectividad cuando sobrepasan ciertas horas de uso las cuales dependen del fabricante y de las condiciones de operación.

3.7.5 Medidas de Protección. Para usar la luz ultravioleta es necesario el uso de una adecuada protección personal en particular la de los ojos, inclusive cuando observe geles con la luz ultravioleta.

Utilizar pantallas faciales o gafas de seguridad específicamente diseñadas para proteger frente a estos riesgos (norma Icontec 1836 o Norma europea EN170). Existen en diferentes colores (claro, amarillo, gris) de acuerdo con la protección ofrecida por longitud de onda. Las referencias y modelos varían según los proveedores y requisitos de la tarea.

Figura 7. Gafas industriales



Fuente: <http://www.comaudi.com>

Cuando se trabaje al aire libre o tenga que trabajar expuesto a la luz U.V, se deben utilizar guantes y ropa apropiados (se sugieren overoles de manga larga, guantes) y cremas aislantes para las zonas del cuerpo que queden al descubierto.

4. MÁQUINA BARNIZADORA

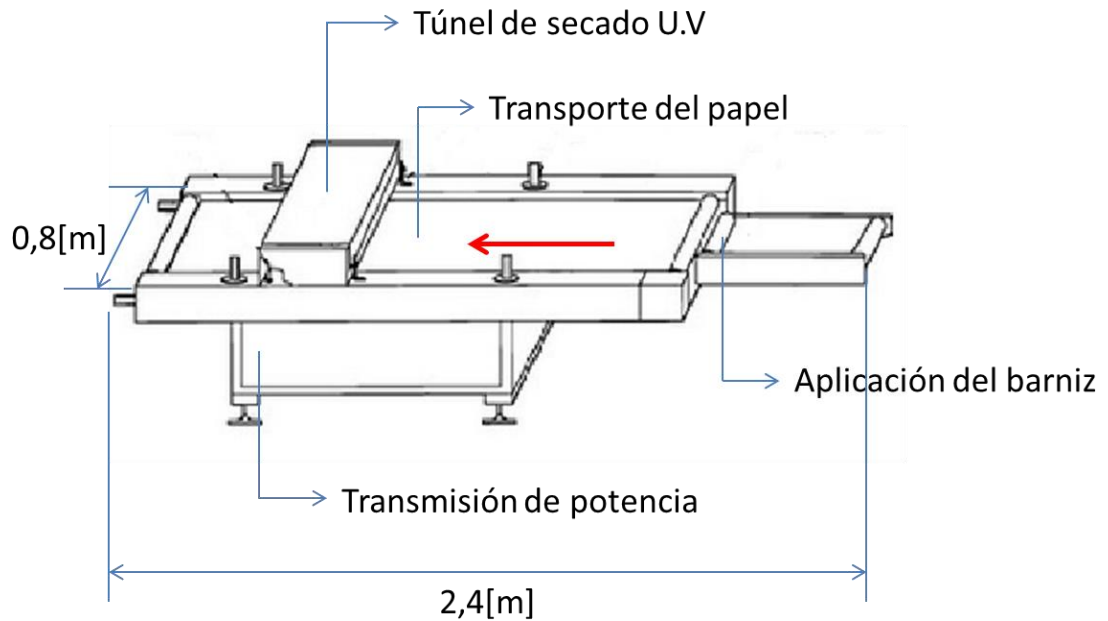
Es una máquina que utiliza energía eléctrica, con la función de aplicar un barniz U.V sobre un determinado papel, transportarlo hacia una cámara de secado donde unas lámparas de radiación ultravioleta realizan un proceso de curado del barniz y posteriormente llevarlo hasta una mesa donde se almacena el papel por lotes.

Para llevar a cabo estos procedimientos la máquina cuenta con los siguientes sistemas:

- Sistema de aplicación de barniz U.V
- Sistema de transporte de papel
- Sistema de secado: lámparas de secado y ventiladores
- Sistema de transmisión de potencia
- Sistema estructural

Estos sistemas funcionan de manera sincronizada y todos se encuentran activos desde el momento que inicia el proceso de curado hasta que este finaliza. La figura 8 esquematiza cada uno de los sistemas y su ubicación en la máquina.

Figura 8. Esquema máquina barnizadora U.V



Fuente: Autor

A continuación se describe cada uno de estos, su función y sus partes.

4.1 SISTEMA DE APLICACIÓN DE BARNIZ U.V

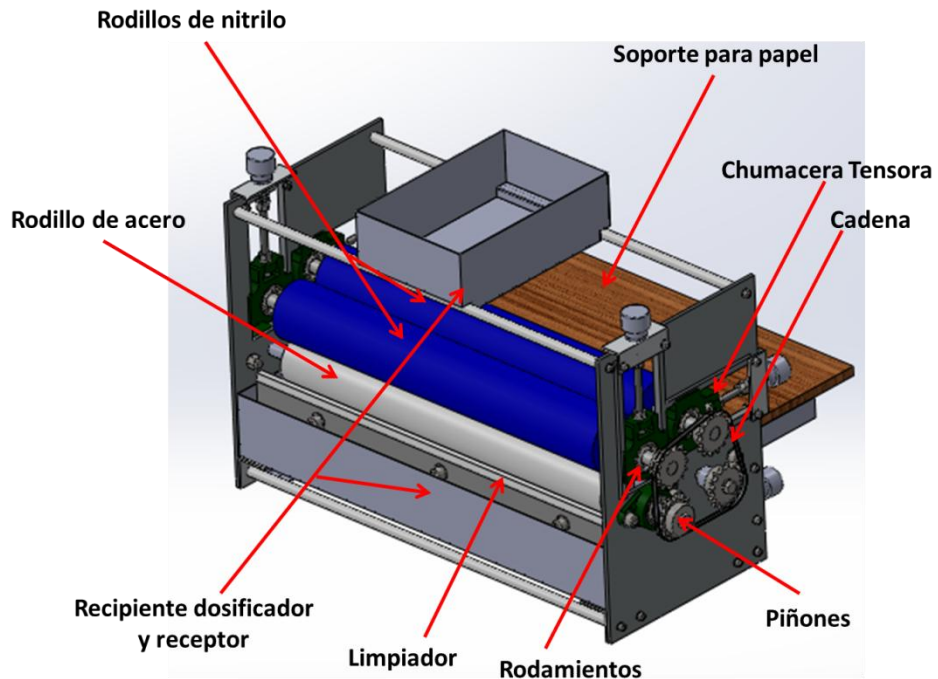
Para la aplicación del barniz se utilizan tres rodillos, dos de estos son de nitrilo los cuales garantizan una adherencia uniforme del barniz a ellos para posteriormente poder aplicarlo al papel. El otro rodillo es el encargado de arrastrar el papel al presionarlo contra uno de los rodillos de nitrilo el cual aplica por una cara del papel el barniz.

En este proceso de aplicación del barniz intervienen los siguientes componentes los cuales se pueden observar en la figura 9:

- 2 rodillos de nitrilo
- 1 rodillo de acero

- 4 chumaceras tensoras
- 2 rodamientos
- 8 piñones
- Soporte para papel
- 1 cadena
- Limpiador
- Recipiente dosificador y receptor

Figura 9. Sistema de aplicación de barniz



Fuente: Autor

4.1.1 Rodillos de Nitrilo. La aplicación de barniz con rodillos es un método industrial sobre superficies planas, en este caso papel. Estos rodillos se encuentran ubicados de forma paralela y unidos el uno con el otro, sobre estos cae un flujo de barniz y estos van girando con igual rpm. Uno de estos rodillos se encuentra en contacto con el rodillo de acero, este rodillo es el encargado de

aplicar el barniz al papel de manera continua a medida que este pasa a través de estos dos.

Figura 10. Rodillos de nitrilo



Fuente: Autor

4.1.2 Rodillo de Acero. Este rodillo es el encargado de generar el arrastre del papel desde la mesa soporte del papel hasta arrojarlo sobre la banda transportadora. Este arrastre se genera cuando el papel entra en contacto entre el cilindro de nitrilo aplicador y el cilindro de acero. Este último gira a la misma velocidad que los cilindros de nitrilo.

Figura 11. Rodillo de acero



Fuente: Autor

4.1.3 Chumaceras Tensoras. Estas chumaceras son las encargadas de brindar el ajuste que requieren los cilindros de nitrilo y el cilindro de acero. Este ajuste se lleva a cabo mediante el giro de unas perillas ubicadas al final de cada carrera de

las chumaceras, y un resorte que ejerce una fuerza contraria para garantizar una posición fija de la chumacera.

Figura 12. Chumacera tensora



Fuente: Autor

4.1.4 Piñones. Los piñones se encuentran ubicados a cada lado de los cilindros y son los encargados de transmitir el movimiento a los rodillos. Estos rodillos reciben el movimiento de una cadena que se encuentra unida a piñón de la unidad motriz (moto reductor). Y dos de los piñones funcionan como elemento tensor para la cadena.

Figura 13. Piñones



Fuente: Autor

4.1.5 Cadenas. En la máquina se encuentran dos cadenas encargadas de transmitir el movimiento a la banda transportadora y los rodillos. Una de estas, está unida a la salida del reductor del motor desde donde se genera el movimiento, y en la parte superior está conectada a los piñones del cilindro de acero y al cilindro de la banda transportadora.

La otra cadena es la encargada de transmitir el movimiento desde el rodillo de acero a los dos cilindros de nitrilo. De esta manera todos los cilindros estarían girando a la misma velocidad angular, y con esto garantizar sincronía entre el desplazamiento de la banda transportadora y el avance del papel por los rodillos.

Figura 14. Cadena



Fuente: Autor

4.1.6 Limpiador. El limpiador es un elemento ubicado en la parte inferior del cilindro de acero, está hecho de lámina y tiene un recubrimiento en caucho. Su función es limpiar el barniz que se adhiere al cilindro al estar en contacto con el

cilindro de nitrilo, para que no se aplique este barniz a la cara posterior de la hoja donde se está aplicando el barnizado.

4.1.7 Recipiente Dosificador y recolector. El recipiente dosificador es el encargado de suministrar la cantidad de barniz necesaria en los rodillos de nitrilo, este está ubicado en la parte superior de los rodillos y posee una llave de paso en la parte inferior la cual se gradúa de acuerdo a la cantidad de barniz requerida. Y el recipiente recolector está ubicado en la parte inferior del rodillo de acero y es el encargado de almacenar el barniz que es retirado por el limpiador.

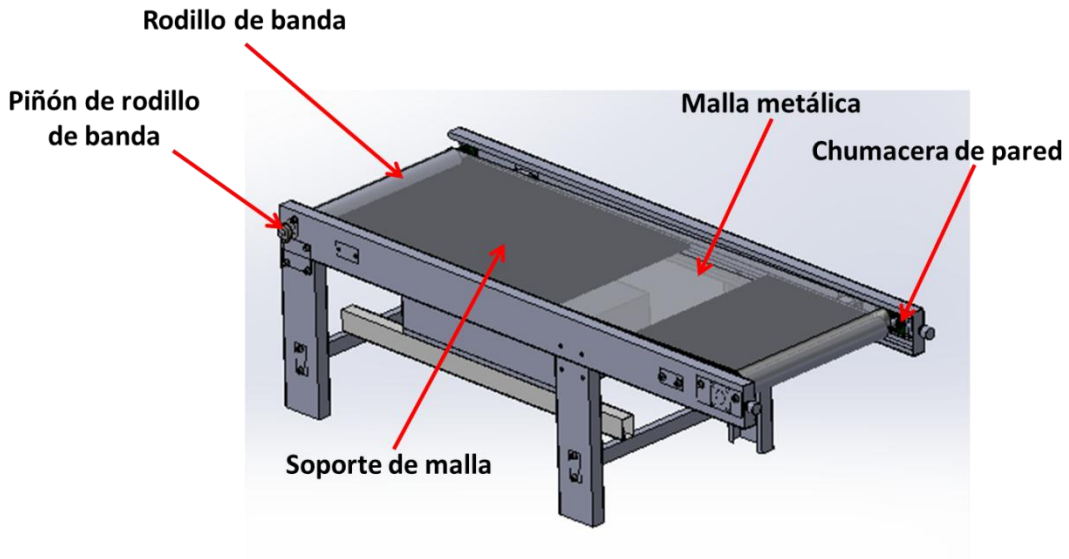
4.2 SISTEMA DE TRANSPORTE DE PAPEL

Este sistema es el encargado de recibir el papel de sale de los rodillos con el barniz aplicado sobre una de las caras, luego lo transporta hasta la cámara de secado, lo hace pasar a través de esta para que se realice el curado y finalmente lo lleva hasta el final de la banda donde cae sobre una superficie donde se almacena.

En este sistema para poder transportar el papel interviene los siguientes componentes los cuales se pueden observar en la figura 15:

- Malla metálica
- 2 rodillos de banda
- 4 chumaceras de pared
- Soporte de malla
- 1 piñón de rodillo de banda

Figura 15. Sistema de transporte de papel



Fuente: Autor

4.2.1 Malla Metálica. Esta malla cumple la función de una banda, y es sobre la que se apoya el papel desde que sale de los rodillos de aplicación de barniz hasta donde se arroja para ser almacenado. Esta es metálica debido a que se desarrollan temperaturas altas dentro de la cámara de secado, es eslabonada y como no se presentan corrientes de aire en el lugar de trabajo ni sobre el papel no se necesita adherencia o agarre, únicamente un desplazamiento a una velocidad moderada.

Figura 16. Malla metálica



Fuente: Autor

4.2.2 Rodillos de banda. Estos dos rodillos están ubicados en cada extremo de la banda transportadora. Uno de estos es el encargado de hacer el arrastre a la banda para generar el movimiento, este recibe el movimiento por medio de un piñón que está unido a la cadena que gira por la acción del movimiento del piñón del reductor del motor. El otro rodillo funciona como fin de carrera y garantiza la tensión y giro de la banda.

Figura 17. Rodillo de banda



Fuente: Autor

4.2.2 Chumaceras de Pared. Estas chumaceras están encargadas de garantizar el movimiento de los rodillos y Están ubicadas en la parte interna de la estructura. Dos de estas se encargan de tensionar la malla, debido a que es metálica y tiene un soporte en su parte inferior no se hace necesario utilizar un elemento tensor. Para realizar la tensión de la malla, estas chumaceras están ubicadas dentro de una guía que permiten su deslizamiento; poseen un tornillo soldado a ellas y con unas perillas se realiza el apriete necesario para la tensión.

4.2.3 Soporte de Malla. La función de este soporte es servir como elemento de apoyo para la malla metálica. Es necesario que exista este soporte debido a que el peso de la banda es significativo y en lugar de utilizar un tensor se usa un soporte por donde la malla pueda deslizarse. Este soporte esta no es más que una lámina de madera recubierta de un caucho que protege el desgaste de esta.

Figura 18. Soporte malla



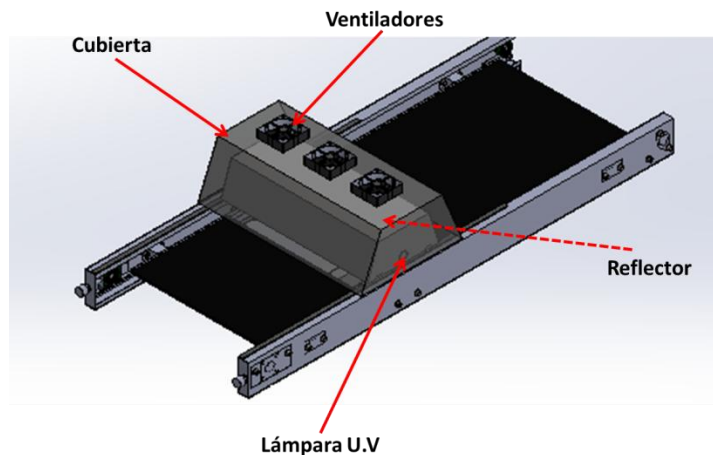
Fuente: Autor

4.3 SISTEMA DE SECADO

Este sistema es el más importante del proceso, ya que en la cámara de secado es donde se lleva a cabo el curado del barniz. Este curado se debe realizar en cuestión de segundos (instantáneamente), y debe garantizar la dureza y brillo del barniz.

Este sistema cuenta con cuatro partes que garantizan el curado, las cuales las podemos observar en la figura 19:

Figura 19. Sistema de secado



Fuente: Autor

- Lámparas U.V
- Reflector
- Ventiladores
- Cubierta

4.3.1 Lámparas U.V. Una lámpara U.V consiste en un bulbo o tubo de cristal de cuarzo relleno de gas, con dos electrodos en los extremos, que al suministrarle electricidad forman un arco eléctrico entre ellos, calentando y subiendo la presión de dicho gas y produciendo la emisión de luz. Si la presión al interior del tubo es baja, son lámparas fluorescentes, si la presión es media, son lámparas industriales usadas para secado o curado de tintas u otros productos. Para el caso del curado de barniz se decidió utilizar lámparas de vapor de mercurio, debido a que brindan la radiación necesaria y son las más económicas del mercado para este fin.

4.3.1.1 Lámparas U.V de vapor de mercurio

Figura 20. Lámpara de vapor de mercurio



Fuente: <http://www.lamparasultravioleta.es>

Las lámparas U.V de mercurio son utilizadas con mayor frecuencia para los procesos industriales de curado e impresión U.V. El cuerpo de las lámparas para

secado por radiación U.V está fabricado con un tubo de sílice vítreo transparente (cuarzo), que permite una transparencia a la radiación U.V del 90%. Se utiliza el cuarzo por sus características de muy baja expansión térmica y de muy alta temperatura de fusión (la temperatura de la superficie de una lámpara ultravioleta en condiciones normales de funcionamiento está entre 600 y 800 °C). Los electrodos en los que se sostiene el arco de alto voltaje están constituidos por una vara de tungsteno tratado, utilizándose este material para poder resistir temperaturas internas del arco de 3000 °C. Para conectar el electrodo desde su envoltorio a la fuente de alimentación situada en la parte de fuera se utiliza molibdeno, capaz de soportar temperaturas de funcionamiento extremadamente altas, con un bajo coeficiente de expansión y capaz de transportar el voltaje necesario para mantener estable el arco. Para las demás conexiones eléctricas se utiliza cable para alta temperatura y, para el aislamiento eléctrico al final de la lámpara, normalmente un casquillo terminal de cerámica.

El interior de este cuerpo de cuarzo está relleno de mercurio y gases nobles (neón, argón, xenón) y de un compuesto metálico formado por una composición halógena muy pura.

Principio de funcionamiento

Una diferencia de potenciales (por una corriente eléctrica) se aplica a través de los extremos de la lámpara. Los electrones se cargan negativamente si están bajo el electrodo positivo del tubo, incurriendo así en colisión con el gas que contiene la lámpara, normalmente mercurio y liberando energía. Esto último proviene del salto de nivel de los electrodos del gas en cuestión. El largo de onda de la radiación que se genera depende precisamente del gas utilizado y de la cantidad de energía generada.

Hoy en día, el mercurio es el gas comúnmente más utilizado por las lámparas U.V, ya que facilita emitir radiación en un amplio espectro, permitiendo de esta forma el

curado del mayor número posible de colores utilizados en la impresión. En aplicaciones particulares en las que la estructura contiene extractos de blanco cubriente o colores oscuros, el empleo de lámparas dotadas (plomo, hierro, cobalto, galio, indio, etc.) puede resultar eficaz.

Por otra parte, estos metales son causantes de un cambio del espectro de emisión de las lámparas, concentrándolo en una específica banda de largo de onda, a diferencia del amplio y genérico espectro del vapor de mercurio. En ciertos casos, tal concentración de espectro se adapta mejor a las características de colores difíciles o a la absorción de partes específicas de los fotoiniciadores.

Potencia y voltaje

La potencia que emiten las lámparas U.V prácticamente se ha triplicado desde los primeros pasos de esta tecnología (hace unos treinta años) hasta el día de hoy. La potencia estándar era de aprox. 80W/cm. Hoy las lámparas de 160W/cm son las que más se están empleando, mientras que lámparas de 240W/cm hasta 300W/cm están disponibles según la aplicación.

Para que una lámpara U.V funcione eficazmente, necesita un voltaje más elevado de lo que aporta la red industrial normal. Por este motivo se utilizan transformadores para incrementar el voltaje a valores apropiados. Según el largo de la lámpara y su potencia, la tensión se puede elevar a miles de voltios.

Duración

Una lámpara U.V de mercurio no se apaga de improviso. Estas pueden funcionar durante miles de horas, aun así es posible observar una disminución de su eficacia con el tiempo.

A una proximidad del mismo emisor, una lámpara U.V puede dar la impresión de funcionamiento, pero emitiendo en realidad radiaciones en lo visible o infrarrojo.

Un deterioro de la superficie de cuarzo (cuando está excesivamente mate) puede filtrar una cantidad de radiación U.V y bajar la potencia.

La vida de una lámpara U.V depende de los siguientes parámetros:

- calidad de la misma lámpara
- eficacia del sistema de refrigeración
- limpieza del tubo
- frecuencia del ciclo encendido/apagado.

Normalmente se utilizan contadores para evaluar la duración de una lámpara. Y se aconseja un cambio regular de lámparas después de un cierto tiempo de funcionamiento, que puede ser 1.000, 2.000 ó 3.000 horas, según las circunstancias.

4.3.2 Reflectores. La radiación U.V que proviene directamente de la lámpara U.V representa solo un tercio de toda la energía ultravioleta que recibe el papel. La presencia de reflectores (parábola) permite recuperar los dos tercios restantes.

La energía primaria es aquella que directamente emite la lámpara U.V dentro de un ángulo de 120° . La energía secundaria es aquella reflejada por la parábola, y representa los tercios comentados del total (ángulo de 240°).

Los reflectores, por lo tanto, restituyen más del 60% de la energía U.V disponible. Esto justifica el gran interés de los fabricantes de secadores en proyectar materiales y componentes con una superficie muy reflectante. El aluminio representa uno de los materiales más reflectantes y rápidamente disponibles, con un porcentaje del 90% de luz U.V reflejada, contra el 60% del acero inoxidable, y casi el 0% de un espejo de vidrio común. Siendo sensible a la temperatura, la

superficie del aluminio debe ser tratada. Adicionalmente la geometría del reflector es muy importante y fundamental, en la reflexión de los rayos U.V.

4.3.3 Ventiladores. Todas las lámparas utilizadas en los sistemas de curado U.V producen calor. Este proceso consigue su optimización en un rango largo de onda comprendida entre los 180 y 380 nm. Esto se puede obtener únicamente al calentar el vapor de mercurio, hasta que se convierta en un plasma de alta temperatura. Para obtener un plasma estable, el cuerpo de la lámpara debe estar suficientemente caliente, donde la temperatura superficial de la lámpara alcanza un orden de 600-800°C. Independientemente de la temperatura que resiste el cuerpo de la lámpara U.V, las partes circunstanciales y la temperatura de la máquina y el papel de impresión, se deben mantener a niveles tolerables, para evitar daños por sobrecalentamiento del sistema, de las piezas y del papel.

La calidad del sistema de refrigeración es muy importante, y por ello necesaria para mantener un correcto equilibrio y la máxima eficacia del curado. Para esto se recomienda el uso de ventiladores, los cuales mantienen la justa temperatura, aumentando la eficacia del curado y alargando la vida útil de la lámpara U.V.

Estos ventiladores se ubican en la cubierta de la cámara de secado, de tal manera que el flujo de aire que suministran haga contacto con el reflector. No se puede suministrar el flujo dentro del reflector debido a que las lámparas no pueden recibir este flujo directamente ya que esto reduce su vida útil, y por otro lado no se debe generar turbulencia para que el papel no se desprenda de la malla que lo transporta y garantizar que el secado sea uniforme.

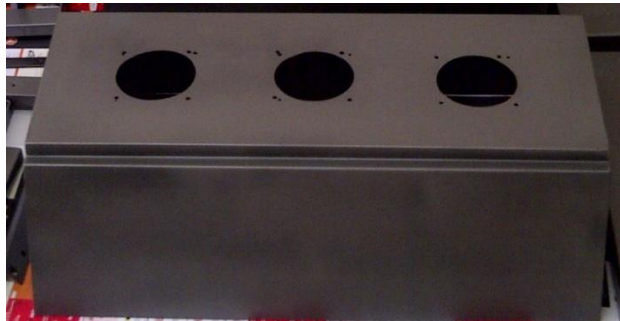
Figura 21. Ventilador



Fuente: Autor

4.3.4 Cubierta. La cubierta es la parte de la cámara de secado que encierra todo el proceso de curado. Está ubicada sobre el reflector (tapándolo) y su función además de soportar los ventiladores es encerrar los rayos de luz ultravioleta y la radiación de tal manera que el operario no este expuesto a estas.

Figura 22. Cubierta



Fuente: Autor

4.4 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

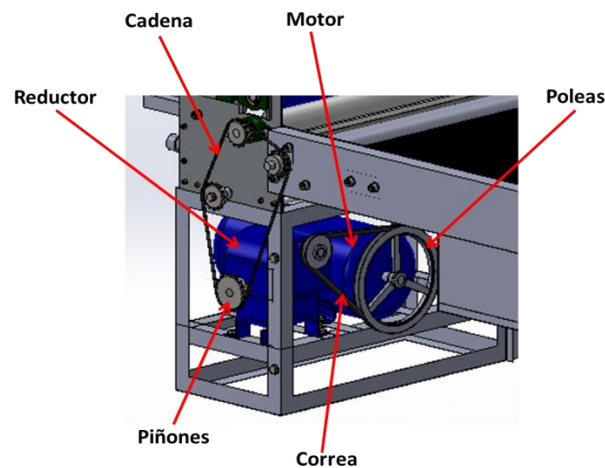
El sistema de transmisión de potencia de la máquina barnizadora es un sistema sencillo y funcional. Cuenta con un motor eléctrico y un reductor, el movimiento se transfiere del motor al reductor con una correa que transmite el giro que sale de la polea del eje del motor a la polea del eje de entrada del reductor.

El movimiento generado a la salida del reductor es transmitido a los rodillos de aplicación y de la banda mediante cadenas. Una de estas engrana al piñón de salida del reductor, al piñón del cilindro metálico de arrastre y al piñón del cilindro de la banda.

En el sistema de potencia intervienen los siguientes elementos, los cuales se pueden observar en la figura 22:

- Motor eléctrico
- Reductor
- Correa
- 1 cadena
- 2 poleas
- 8 piñones

Figura 23. Sistema de transmisión de potencia



Fuente: Autor

4.4.1 Motor Eléctrico. El elemento responsable del movimiento de los sistemas de la máquina es un motor eléctrico de escobillas, el cual está ubicado en la parte inferior de la zona donde se ubican los rodillos, esto es por la facilidad de realizar

los engranes y acoplamientos necesarios, y que sean los más cercanos posibles. Para garantizar la velocidad apropiada el motor está acompañado de un reductor para esta función.

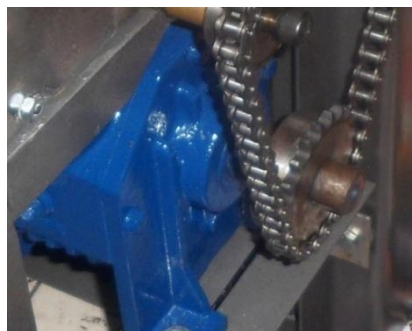
Figura 24. Motor electrico



Fuente: Autor

4.4.2 Reductor. Es el encargado de reducir la velocidad angular de motor para garantizar la velocidad lineal de la banda y la velocidad angular de los rodillos requerida. Su eje de salida está conectado a una cadena para transmitir el movimiento a los rodillos y la banda, y sus ejes de entrada y salida son perpendiculares entre sí para poder unir la correa a la polea del eje de entrada y engranar la cadena al piñón de salida de acuerdo a la disposición de los rodillos y el motor.

Figura 25. reductor



Fuente: Autor

5. DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA BARNIZADORA UV

En este capítulo se realizará el diseño, cálculo y construcción, de la máquina barnizadora U.V, que cumpla con los requerimientos necesarios para garantizar los objetivos planteados, partiendo de las siguientes restricciones de espacio para la máquina planteadas por la empresa:

- Largo = 3,5 m
- Alto = 1 m
- Ancho 0,8 m

Para poder realizar el estudio adecuado de cada una de las funciones de los sistemas de la máquina, este se divide en un diseño mecánico y uno térmico.

5.1 DISEÑO TÉRMICO

5.1.1 Túnel de Secado. El túnel de secado es sin duda la parte más importante y con la que se debe tener la mayor atención posible para poder garantizar el menor consumo energético y lograr los resultados deseados. Para lo cual se recopiló información de fabricantes tanto de maquinaria como barnices para el secado U.V, los cuales hacen énfasis en recomendaciones importantes de variables que influyen en el proceso, tales como la velocidad de la banda, el vatiaje de las lámparas de secado y la temperatura máxima permisible dentro del túnel de secado.

Para la selección del barniz que la empresa utilizará en el proceso de barnizado, se tuvo en cuenta la facilidad, rapidez y costo de adquisición del mismo.

Por tanto la potencia requerida para el secado del papel es:

$$Pot_{total} = 80 \frac{W}{cm} * 50 [cm]$$
$$\rightarrow Pot_{total} = 4000 [W]$$

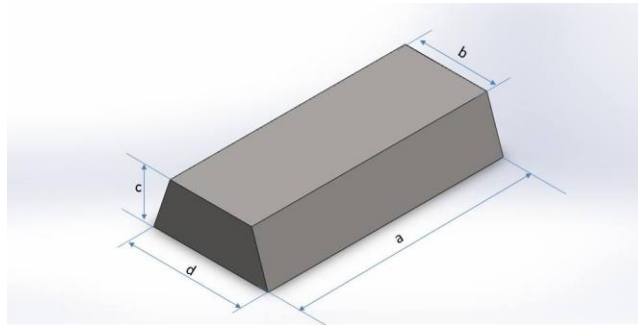
Con la potencia obtenida se buscó en el mercado lámparas que cumplieran con este requerimiento, y además con la disponibilidad de espacio, con lo que se decide utilizar 10 lámparas de vapor de mercurio de presión media, con 400 vatios cada una, y una frecuencia que está comprendida entre los 200 y los 310 [nm] (adecuada para el proceso de curado), distribuidas de manera uniforme y una a lado de la otra. El eje de cada lámpara está ubicado de forma paralela a la dirección de desplazamiento de la banda.

5.1.1.2 Cubierta de lámparas U.V: La cubierta de las lámparas debe garantizar que la luz ultravioleta emitida este concentrada dentro de la cámara de secado, de esta manera aprovechar la mayor cantidad de luz emitida para el proceso. La cubierta está conformada por un reflector de luz y ventiladores que garantizan la temperatura adecuada dentro del túnel de secado.

Reflector de luz

El reflector de luz es el encargado de reflejar y concentrar la luz U.V de manera perpendicular al papel, que avanza sobre la banda transportadora. Teniendo en cuenta la distribución, tamaño y radio de emisión de las lámparas diseñamos un reflector con secciones planas el cual nos va garantizar un plano de distribución de la luz, por el que va pasar el papel a través del túnel de secado. Teniendo en cuenta el principio de reflexión de la luz en superficies planas (véase anexo D), diseñamos un reflector con las siguientes dimensiones:

Figura 27. Reflector



Fuente: autor

$$a = 0.72 [m]$$

$$b = 0.25 [m]$$

$$c = 0.15 [m]$$

$$d = 0.35 [m]$$

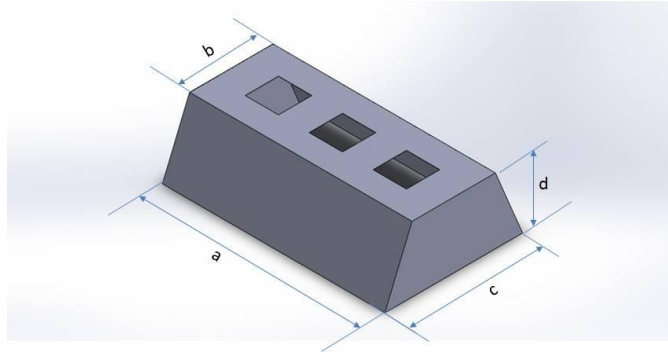
Dentro de los materiales más reflectivos, escogimos lámina de acero inoxidable calibre 20, el cual tiene una excelente reflectividad, además de poseer un tiempo mayor de brillo en comparación con otros materiales que se opacan en tiempos más cortos debido a la y se les debe hacer mantenimiento periódicamente. Adicionalmente se coloca una lámina del mismo material debajo la banda transportadora la cual ayuda a reflejar rayos de luz ultravioleta que se emiten hacia abajo por las lámparas.

Teniendo diseñado el reflector se procedió a dimensionar la cubierta, la cual aísla el ambiente de trabajo de los rayos ultravioleta los cuales no pueden tener contacto con el operario.

Para las dimensiones de la cubierta, aparte de las medidas del reflector también nos basamos en las recomendaciones del fabricante del barniz el cual establece que debe existir un segmento libre en la banda transportadora en el cual el barniz

hace un proceso de sedación y para el que se recomienda un tramo de aproximadamente 1 metro. Teniendo en cuenta esta recomendación y las medidas máximas que puede ocupar la máquina dentro de la empresa dimensionamos la cubierta de la siguiente manera:

Figura 28. Cubierta cámara de secado



Fuente: autor

$$a = 0.8 [m]$$

$$b = 0.3 [m]$$

$$c = 0.495 [m]$$

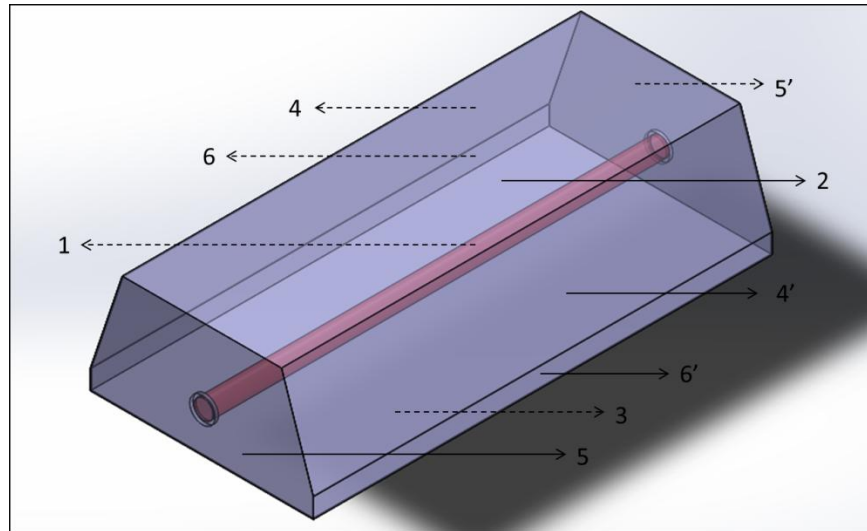
$$d = 0.235 [m]$$

5.1.1.3 Ventiladores: Los ventiladores son los encargados de extraer el calor del túnel de secado, con el fin de mantener la temperatura adecuada para el buen desempeño de las lámparas, además en ciertas ocasiones evitar el daño del papel de trabajo cuando se aplica barniz sobre un plastificado previo, ya que este plástico es sensible al calor. Para escoger los ventiladores indicados para realizar esta función se deben conocer los calores y las temperaturas que están presentes en este proceso de curado.

Para conocer el comportamiento del reflector y el papel del proceso, los cuales se ven afectados por el calor emitido por las lámparas, analizamos la lámpara y cada

una de las superficies involucradas. De esta manera planteamos el sistema de la siguiente manera:

Figura 29. Distribución de superficies



Fuente: Autor

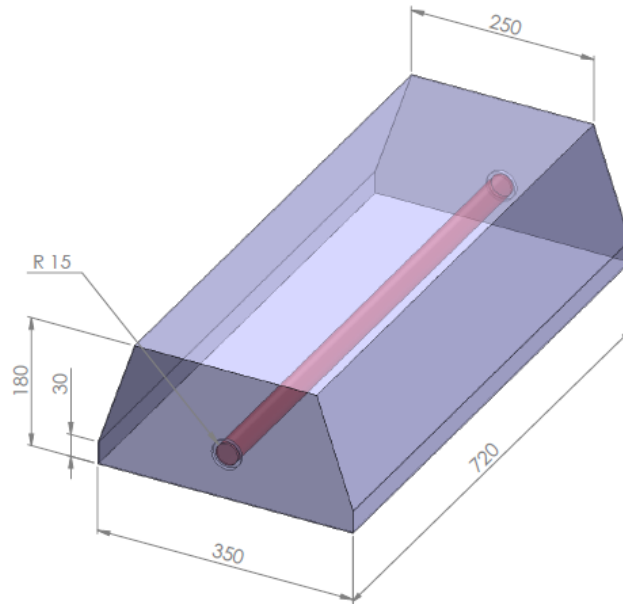
Donde las superficies están distribuidas así:

- Superficies del reflector: 2, 4, 4', 5, 5',
- Superficie de lámpara: 1
- Superficie de papel: 3
- Superficies abiertas: 6, 6', son superficies hipotéticas ya que son espacios abiertos, las cuales más adelante se asumirán con emisividad de 1.

Cálculos del área de cada superficie

Las dimensiones en [mm] para el sistema son las siguientes:

Figura 30. Dimensiones sistema térmico



Fuente: Autor

- Superficie 1:

$$A_1 = 2 * \pi * 0.015 * 0.72 \quad \rightarrow \quad A_1 = 0.0678 \text{ m}^2$$

- Superficie 2:

$$A_2 = 0.25 * 0.72 \quad \rightarrow \quad A_2 = 0.18 \text{ [m}^2\text{]}$$

- Superficie 3:

$$A_3 = 0.35 * 0.72 \quad \rightarrow \quad A_3 = 0.252 \text{ [m}^2\text{]}$$

- Superficie 4 y 4':

$$A_4 = 0.72 * \sqrt{0.15^2 + \left[\frac{0.35-0.25}{2}\right]^2} \quad \rightarrow \quad A_4 = 0.113 \text{ [m}^2\text{]}$$

- Superficie 5 y 5':

$$A_5 = \frac{0.25+0.35}{2} * 0.15 + 0.03 * 0.35 \quad \rightarrow \quad A_5 = 0.0555[m^2]$$

- Superficie 6 y 6':

$$A_6 = 0.03 * 0.72 \quad \rightarrow \quad A_6 = 0.0216 [m^2]$$

La transferencia de calor dentro de reflector se lleva a cabo por radiación por lo cual se requiere calcular los factores de visión entre las superficies.

Cálculo de los factores de visión

Para calcular los factores de visión de cada una de las superficies con respecto a las otras, se parte de la ecuación general:

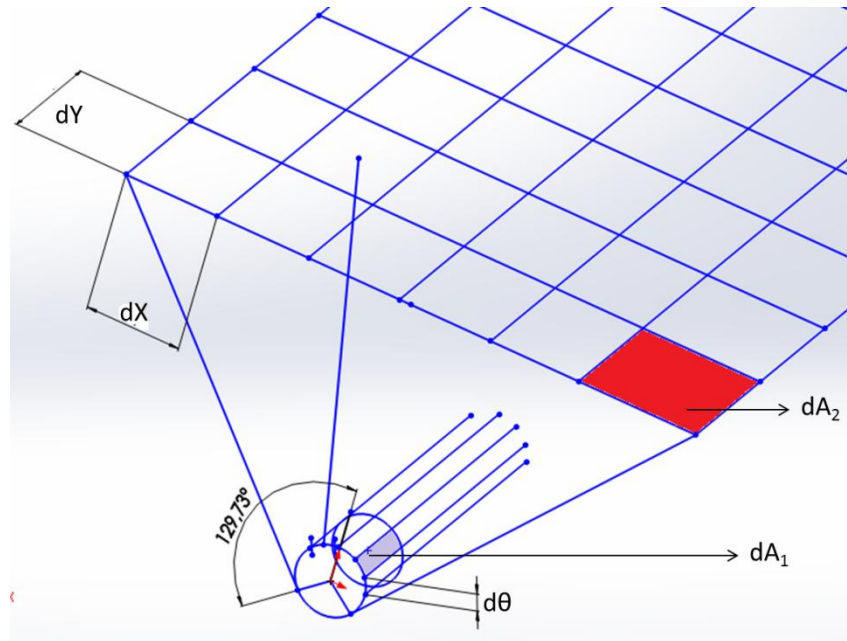
$$F_{ij} = \frac{1}{A_i} * \frac{\cos\theta_j * \cos\theta_i}{\pi * r^2} * dA_j * dA_i$$

Para el desarrollo de esta ecuación se plantea como una sumatoria, donde se discretizan diferenciales de área para cada una de las superficies. Esto se realiza con la ayuda de matlab y los deltas de áreas se escogieron de tal manera que el valor obtenido de los factores fuera lo más preciso posible. La lámpara está centrada con respecto a las superficies 6 y 6', y a una altura de 0.055 [m] de la superficie 3 hasta su centro.

- **Cálculo del factor de visión F_{12} (superficie de lámpara y superficie superior del reflector)**

Como toda la superficie 1 no es visible a la superficie 2 se debe calcular el ángulo de visibilidad, de manera gráfica obtenemos un ángulo total de visión de 259.46°, así:

Figura 31. Ángulo de visión



Fuente: Autor

Como se presenta una simetría con respecto a la superficie 1, se calcula el factor para un ángulo de 129.73 y el valor obtenido se multiplica por 2.

```

R_l=1.5;%radio de lámpara UV
Z_2=12.5;%distancia desde el eje de la lámpara hasta la superficie 2
DA_1=R_l*(0.65065*pi/180)*1;%diferencial de área de la lámpara UV
DA_2=0.5;%diferencial de área de la superficie 2
F=0;%inicialización de la variable F
for Y_1=0.5:1:71.5%variacion de la posición de DA_1 en el eje Y

%variación de la posición de DA_1 con respecto a la variación de theta
for theta=219.804675:-0.65065:90.325325
    for Y_2=0.5:1:71.5%variacion de la posición de DA_2 en el eje Y
        for X_2=-12.25:0.5:12.25%variacion de la posición de DA_1 en el eje x
    
```

```

X_1=R_l*cosd(theta);%posición de DA_1 respecto al eje x
Z_1=R_l*sind(theta);%posición de DA_1 respecto al eje z

%posición de DA_2 respecto de DA_1
R=sqrt((X_2-X_1)^2+(Y_2-Y_1)^2+(Z_2-Z_1)^2);

%coseno del ángulo que forma la normal de DA_1 con R
cos_theta=((X_2-X_1)*cosd(theta)+(Z_2-Z_1)*sind(theta))/R;

%ángulo que forma la normal de DA_1 con R
ang=acosd(((X_2-X_1)*cosd(theta)+(Z_2-Z_1)*sind(theta))/R);

%coseno del ángulo que forma la normal de DA_2 con R
cos_alpha=(Z_2-Z_1)/R;

%diferencial del factor de visión respecto al vector R
DF_12=DA_1*DA_2*cos_theta*cos_alpha/(pi*R^2);

if ang<=90

    F=F+abs(DF_12);%sumatoria de los diferenciales de factor
end

end
end
end

A_1=2*pi*R_l^2;%área de la lámpara
F_12=F/A_1;%factor de visión de 1 respecto a 2

```

Dónde: **$F_{12} = 0.22$**

De la misma manera se calcularon F_{13} , F_{14} , $F_{14'}$, F_{15} , $F_{15'}$, F_{16} Y $F_{16'}$.

- **Cálculo del factor de visión F_{21} (superficie superior del reflector y superficie de lámpara)**

Este factor se calcula por la relación de reciprocidad de la siguiente manera:

$$F_{12} * A_1 = F_{21} * A_2$$

$$0.22 * 0.0678 = F_{21} * 0.18 \quad \rightarrow \quad F_{21} = 0.0829$$

- **Cálculo del factor de visión F_{23} (superficie superior del reflector y superficie del papel)**

```

Z_3=-18;%posición de la superficie 3 con respecto al eje Z
DA_2=0.5;%diferencial de área de la superficie 2
DA_3=0.5;%diferencial de área de la superficie 3
F=0;%inicialización de la variable F
for Y_2=0.5:1:71.5%variacion de la posición de DA_2 en el eje Y
    for X_2=-12.25:0.5:12.25%variacion de la posición de DA_1 en el eje X
        for Y_3=0.5:1:71.5%variacion de la posición de DA_3 en el eje Y
            for X_3=-17.25:0.5:17.25%variacion de la posición de DA_3 en el eje X

                %posición de DA_2 respecto de DA_1
                R=sqrt((X_3-X_2)^2+(Y_3-Y_2)^2+(Z_3)^2);

                %coseno del ángulo que forma la normal de DA_2 con R
                cos_theta=Z_3/R;

                %coseno del ángulo que forma la normal de DA_3 con R
                cos_alpha=Z_3/R;

                %diferencial del factor de visión respecto al vector R
                DF_23=DA_2*DA_3*cos_theta*cos_alpha/(pi*R^2);

                F=F+abs(DF_23);%sumatoria de los diferenciales de factor
    
```

```

end
end
end
end

```

```

A_2=25*72;%área de la superficie 2
F_23=F/A_2;%factor de visión de 2 respecto a 3

```

El valor obtenido de $F_{23} = 0.5390$, pero a este valor se le debe descontar el valor de la interferencia debida a la superficie 1. Para este caso la interferencia es igual al factor F_{21} , obteniendo:

$$F_{23} = 0.5390 - 0.0829 \quad \rightarrow \quad \mathbf{F_{23} = 0.4561}$$

De la misma manera como se han calculado los factores anteriores, se plantean el resto de los factores teniendo en cuenta las interferencias presentes entre placas.

Con los resultados obtenidos se crea la matriz de factores:

F_{11}	F_{12}	F_{13}	F_{14}	F_{14p}	F_{15}	F_{15p}	F_{16}	F_{16p}
F_{21}	F_{22}	F_{23}	F_{24}	F_{24p}	F_{25}	F_{25p}	F_{26}	F_{26p}
F_{31}	F_{32}	F_{33}	F_{34}	F_{34p}	F_{35}	F_{35p}	F_{36}	F_{36p}
F_{41}	F_{42}	F_{43}	F_{44}	F_{44p}	F_{45}	F_{45p}	F_{46}	F_{46p}
F_{4p1}	F_{4p2}	F_{4p3}	F_{4p4}	F_{4p4p}	F_{4p5}	F_{4p5p}	F_{4p6}	F_{4p6p}
F_{51}	F_{52}	F_{53}	F_{54}	F_{54p}	F_{55}	F_{55p}	F_{56}	F_{56p}
F_{5p1}	F_{5p2}	F_{5p3}	F_{5p4}	F_{5p4p}	F_{5p5}	F_{5p5p}	F_{5p6}	F_{5p6p}
F_{61}	F_{62}	F_{63}	F_{64}	F_{64p}	F_{65}	F_{65p}	F_{66}	F_{66p}
F_{6p1}	F_{6p2}	F_{6p3}	F_{6p4}	F_{6p4p}	F_{6p5}	F_{6p5p}	F_{6p6}	F_{6p6p}

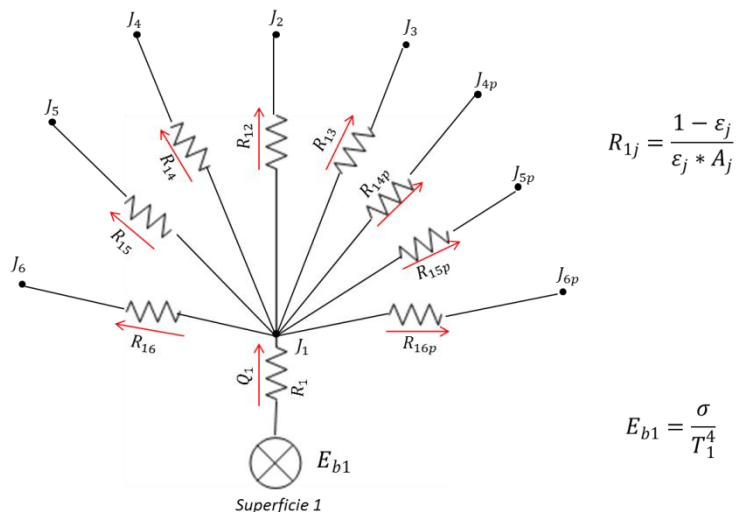
Con los siguientes valores:

0	0.22	0.3786	0.128	0.128	0.0677	0.0677	0.005	0.005
0.0829	0	0.4561	0.132	0.132	0.0871	0.0871	0.0114	0.0114
0.1019	0.3023	0	0.1071	0.1071	0.1479	0.1479	0.0429	0.0429
0.0763	0.2087	0.3805	0	0.167	0.07485	0.07485	0.0043	0.0135
0.0763	0.2087	0.3805	0.167	0	0.07485	0.07485	0.0135	0.0043
0.0827	0.1631	0.3029	0.1535	0.1535	0	0.0415	0.0514	0.0514
0.0827	0.1631	0.3029	0.1535	0.1535	0.0415	0	0.0514	0.0514
0.0157	0.095	0.5005	0.0226	0.0711	0.1323	0.1323	0	0.0305
0.0157	0.095	0.5005	0.0711	0.0226	0.1323	0.1323	0.0325	0

Cálculo de calores en cada superficie

Para el cálculo de los calores que pasan por cada una de las superficies, nos basamos en el análisis de radiación en un recinto con velocidades específicas de transferencia de calor. El cual podemos observar en la figura 31. Partimos de la ecuación general de este método⁷:

Figura 32. Diagrama de resistencias térmicas



Fuente: Autor

⁷ YUNUS, A. Cengel. (2004). *Transferencia de calor*. México: Mc Graw Hill. edición 2. p.626

$$Q_i = A_i * \sum_{j=1}^N F_{ij} * (J_i - J_j)$$

Dónde: Q_i = calor transferido de una superficie i [W]

A_i = área de la superficie i [m^2]

F_{ij} = factor de vision de i respecto de j

$J_i \equiv$ radiosidad de la superficie i $\frac{W}{m^2}$

Expresando la ecuación en cada uno de los términos:

$$Q_i = (A_i * F_{i1} * J_i - A_i * F_{i1} * J_1) + (A_i * F_{i2} * J_i - A_i * F_{i2} * J_2) + \dots \\ + (A_i * F_{i N-1} * J_i - A_i * F_{i N-1} * J_{N-1}) + (A_i * F_{iN} * J_i - A_i * F_{iN} * J_N)$$

Agrupando los términos que tienen en común A_i y J_i , para simplificar la expresión:

$$Q_i = A_i * F_{i1} * J_i + A_i * F_{i2} * J_i + \dots + A_i * F_{i N-1} * J_i + A_i * F_{iN} * J_i - A_i * F_{i1} * J_1 \\ - A_i * F_{i2} * J_2 - \dots - A_i * F_{i N-1} * J_{N-1} - A_i * F_{iN} * J_N$$

Y factorizando $A_i * J_i$ del término de los paréntesis:

$$Q_i = A_i * J_i (F_{i1} + F_{i2} + \dots + F_{i N-1} + F_{iN} - A_i * F_{i1} * J_1 - A_i * F_{i2} * J_2 - \dots - A_i \\ * F_{i N-1} * J_{N-1} - A_i * F_{iN} * J_N)$$

Según la regla de la suma para recintos cerrados:

$$F_{i1} + F_{i2} + \dots + F_{i N-1} + F_{iN} = 1$$

Reemplazando lo anterior tenemos:

$$Q_i = A_i * J_i * \mathbf{1} - A_i * F_{i1} * J_1 - A_i * F_{i2} * J_2 - \dots - A_i * F_{i N-1} * J_{N-1} - A_i * F_{iN} * J_N$$

Ahora para un caso particular de calor de la superficie 1 tenemos:

$$Q_1 = A_1 * J_1 - A_1 * F_{11} * J_1 - A_1 * F_{12} * J_2 - \dots - A_1 * F_{1\ N-1} * J_{N-1} - A_1 * F_{1N} * J_N$$

Simplificando la expresión:

$$Q_1 = J_1(A_1 - A_1 * F_{11}) - A_1 * F_{12} * J_2 - \dots - A_1 * F_{1\ N-1} * J_{N-1} - A_1 * F_{1N} * J_N$$

De las ecuaciones de radiación para superficies opacas las cuales tienen una $\varepsilon < 1$ se puede plantear el Q_i como el cociente de la diferencia entre el poder emisivo de cuerpo negro de la superficie i y su radiosidad, con la resistencia de la superficie i a la radiación⁸. Así:

$$Q_i = \frac{E_{bi} - J_i}{R} \quad \rightarrow \quad Q_i = \frac{E_{bi}}{R_i} - \frac{J_i}{R_i}$$

$$R_i = \frac{1 - \varepsilon_i}{\varepsilon_i * A_i} \quad \rightarrow \quad E_{bi} = \frac{\sigma}{T_i^4}$$

Dónde: $E_{bi} \equiv$ poder emisivo de cuerpo negro de la superficie i $\frac{W}{m^2}$

$$\sigma \equiv \text{constante de stefan - boltzmann} \quad \frac{W}{m^2 * K^4}$$

$\varepsilon_i \equiv$ emisividad de la superficie i

$T_i \equiv$ temperatura de la superficie i [K]

$R_i \equiv$ resistencia de la superficie i a la radiación $\frac{1}{m^2}$

Y la anterior deducción, podemos expresar cada uno de los calores como el producto de matrices de la siguiente manera:

$$A * B = Q$$

⁸ YUNUS, A. Cengel. (2004). *Transferencia de calor*. Mexico: Mc Graw Hill. edición 2. p.624

Donde la matriz A es:

$$\begin{bmatrix}
 A_1 - A_1 F_{11} & -A_1 F_{12} & -A_1 F_{13} & \dots & -F_{16p} A_1 \\
 -A_2 F_{21} & \frac{1}{R_2} - A_2 F_{22} + A_2 & -A_2 F_{23} & \dots & -F_{26p} A_2 \\
 -A_3 F_{31} & -A_3 F_{32} & \frac{1}{R_3} - A_3 F_{33} + A_3 & \dots & -F_{36p} A_3 \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 -F_{6p1} A_6 & -F_{6p2} A_6 & F_{6p3} A_6 & \dots & -F_{6p6p} A_6 + A_6 + \frac{1}{R_{6p}}
 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \text{matriz} \\ A \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} J_1 \\ J_2 \\ J_3 \\ J_4 \\ J_{4p} \\ J_5 \\ J_{5p} \\ J_6 \\ J_{6p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ \frac{E_{b2}}{R_2} \\ \frac{E_{b3}}{R_3} \\ \frac{E_{b4}}{R_4} \\ \frac{E_{b4p}}{R_{4p}} \\ \frac{E_{b5}}{R_5} \\ \frac{E_{b5p}}{R_{5p}} \\ \frac{E_{b6}}{R_6} \\ \frac{E_{b6p}}{R_{6p}} \end{bmatrix}$$

Las emisividades de las superficies según su material son⁹:

$$\epsilon_1 = 0.93 ; \text{"cuarzo"}$$

$$\epsilon_2 = \epsilon_4 = \epsilon_{4p} = \epsilon_5 = \epsilon_{5p} = 0.25 ; \text{"acero inoxidable"}$$

$$\epsilon_3 = 0.3 ; \text{"barniz"}$$

$$\epsilon_6 = \epsilon_{6p} = 1 ; \text{"superficie libre"}$$

⁹ YUNUS,A. Cengel. (2004). *Transferencia de calor*. Mexico: Mc Graw Hill.edición 2. p.740-741

La superficie 6 y 6p son superficies asumidas para la facilidad del cálculo de los factores de visión, ya que son áreas abiertas por donde ingresa y sale el papel respectivamente, por lo tanto tendrán una emisividad de 1.

Para llegar a una solución del sistema de matrices, se asumen las temperaturas T_2 y T_4 , estos valores deben estar dentro de un rango en el cual se garanticen las temperaturas máximas permisibles para la superficie 1 (lámparas de vapor de mercurio) y la superficie 3 (papel barnizado) de esta manera se realiza un proceso iterativo donde se obtiene la siguiente solución:

Tabla 2. Resultados de cada superficie

<i>Superficie</i>	$Q [W]$	$T \text{ } ^\circ C$	$J \frac{W}{m^2}$	$R \frac{1}{m^2}$
1	4000	815	74993	1.109
2	-647,9	300	16911	16,67
3	-1555	70	15187	9,259
4	-405,4	300	16794	26,35
4p	-405,4	300	16794	26,35
5	-148,1	354,3	16789	54,05
5p	-148,1	354,3	16789	54,05
6	-344,9	25	447,1	----
6p	-344,9	25	447,1	----

Fuente: Autor

De esta manera se obtienen las temperaturas y calores en cada una de las superficies, con estos valores se debe buscar un coeficiente de transferencia de calor para el aire que va ser impulsado por los ventiladores, el cual logre retirar los calores de cada una de las superficies que lo requieran. Las áreas 6 y 6p, por ser abiertas el calor de esas superficies se pierde por convección natural; la superficie

3 es el papel barnizado el cual está en movimiento a lo largo del proceso, por lo tanto el calor lo elimina con el ambiente.

El calor restante de las superficies 2, 4, 4p, 5 y 5p, debe ser retirado con un flujo de aire por lo tanto se analizan estas superficies para hallar el flujo total requerido.

Superficie 4:

Se calcula el coeficiente de calor por convección necesario para retirar el calor, así:

$$Q_4 = h_4 * A_4 * (T_4 - T_{amb})$$

$$405.4 = h_4 * 0.113 * (300 - 25) \quad \rightarrow \quad h_4 = 13.05 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

Ahora se debe encontrar un flujo de aire que satisfaga el coeficiente de transferencia de calor hallado. Para esto se asume el flujo de aire hasta hallar el que cumpla con el coeficiente requerido.

Sé realiza un análisis de transferencia de calor por convección forzada con flujo paralelo sobre una placa plana:

$$Q_4 = vel_4 * A_{4t}$$

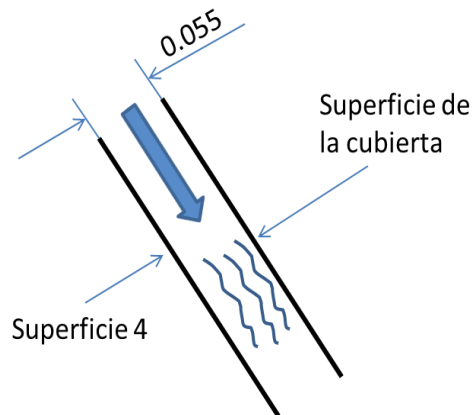
Dónde: $Q_4 \equiv$ flujo de aire para retirar el calor de la superficie 4

$vel_4 \equiv$ velocidad del aire

$A_{4t} \equiv$ área trasversal de flujo del aire

El área transversal para el flujo del aire por la superficie 4 es la siguiente:

Figura 33. Área transversal de flujo



Fuente: Autor

$$A_{4t} = 0.055 * 0.72 \quad \rightarrow \quad A_{4t} = 0.0396 \text{ m}^2$$

Asumiendo un flujo de aire de $0.074 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, la velocidad del flujo es:

$$0.074 = vel_4 * 0.0396 \quad \rightarrow \quad vel_4 = 1.869 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La ecuación del número de Reynolds es:

$$Re_4 = \frac{Vel_4 * L_{c4}}{\nu_4}$$

Dónde: $Re_4 \equiv$ número de Reynolds

$L_{c4} \equiv$ longitud característica [m]

$\nu_4 \equiv$ viscosidad cinemática $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$

Las propiedades del aire se calculan con una temperatura de referencia:

$$T_r = T_4 - 0.5 * (T_4 - T_{amb})$$

$$T_r = 300 - 0.5 * (300 - 25) \quad \rightarrow \quad T_r = \mathbf{162.5} \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

Las propiedades del aire a esta temperatura son¹⁰:

$$v_4 = 3.004 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}$$

$$k_4 = 0.03528 \frac{W}{m * K}$$

$$Pr_4 = 0.7011$$

La longitud característica para la superficie 4 es 0.158 m, Obteniendo:

$$Re_4 = \frac{1.869 * 0.158}{3.004 \times 10^{-5}} \quad \rightarrow \quad Re_4 = \mathbf{9828}$$

Según el número de Reynolds el flujo de aire es laminar, y el número de nusselt está dado por:

$$Nu_4 = 0.664 * Re_4^{0.5} * Pr_4^{1/3}$$

Dónde: $Pr_4 \equiv$ número de Prant

$$Nu_4 = 0.664 * 9828^{0.5} * 0.7011^{1/3} \quad \rightarrow \quad Nu_4 = \mathbf{58.48}$$

Finalmente el coeficiente de transferencia de calor por convección está relacionado así:

$$h_4 = \frac{Nu_4 * k_4}{L_{c4}}$$

¹⁰ YUNUS, A. Cengel. (2004). *Transferencia de calor*. Mexico: Mc Graw Hill. edición 2. p.736

Dónde: $k_4 \equiv$ conductividad térmica del aire

$$h_4 = \frac{58.48 * 0.03528}{0.158} \rightarrow h_4 = 13.06 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

Se ha comprobado que para el flujo asumido se obtiene un h_4 muy cercano al requerido por lo tanto el flujo de aire necesario sobre la superficie 4 es:

$$Q_4 = 0.074 \frac{m^3}{s}$$

Como la superficie 4p se comporta igual a la 4, el flujo de aire requerido es el mismo. De igual manera que se calculó el flujo para la superficie 4 se realiza el mismo procedimiento para las superficies 2, 5 y 5p. Obteniendo los siguientes resultados:

$$Q_2 = 0.024 \frac{m^3}{s} \quad Q_5 = Q_{5p} = 0.0069 \frac{m^3}{s}$$

Por lo tanto el flujo total requerido es:

$$Q_T = Q_2 + Q_4 + Q_{4p} + Q_5 + Q_{5p}$$
$$Q_T = 0.024 + 2 * 0.074 + 2 * 0.0069 \quad Q_T = 0.1858 \frac{m^3}{s}$$

Cálculo del número de ventiladores

Para hallar los ventiladores que más se adecuen al espacio, a la corriente de operación y los requerimientos del proceso, utilizamos un catálogo de un fabricante, del cual escogemos un tipo de ventilador, y con las especificaciones de este calculamos el número requerido.

Para este caso tomamos un catálogo de “PSC THERMAL SOLUTIONS” escogiendo un ventilador **AC axial Fan: 127mm × 127mm × 38mm**, el cual tiene las siguientes características:

Tabla 3. Características de ventilador axial

Model	Bearing System	Voltage VAC	Freq.	Current	Power	Speed	Sound Level	Maximum	Air Flow	Maximum Static Pressure	Weight
Part NO.	B / S / F	VAC	HZ	A	W	rpm	dBA	m3/hr	CFM	mm-H2O	g
RAH1278S1	Sleeve	220~240	50/60	0.12/0.12	25/25	2600/3050	43/47	206/243	121/143	8.8/11.4	520
RAM1278S1	Sleeve	220~240	50/60	0.09/0.09	20/20	2500/2750	42/45	199/221	117/130	7.1/6.6	520
RAH1278S2	Sleeve	100~125	50/60	0.21/0.21	25/25	2600/3050	43/47	206/243	121/143	8.8/11.4	520
RAM1278S2	Sleeve	100~125	50/60	0.16/0.16	20/20	2500/2750	42/45	199/221	117/130	7.1/6.6	520
RAH1278B1	Ball	220~240	50/60	0.12/0.12	25/25	2800/3300	45/49	224/257	132/151	10.3/13.0	520
RAM1278B1	Ball	220~240	50/60	0.09/0.09	20/20	2500/2900	42/46	199/233	117/137	7.1/8.6	520
RAH1278B2	Ball	100~125	50/60	0.21/0.21	25/25	2800/3300	45/49	224/257	132/151	10.3/13.0	520
RAM1278B2	Ball	100~125	50/60	0.16/0.16	20/20	2500/2900	42/46	199/221	117/137	7.1/8.6	520

Fuente: <http://www.pscmf.com/product/showproduct.php?id=95&lang=en>

El flujo de aire del ventilador es: $Q_{vent} = 243 \frac{m^3}{h}$

El flujo de aire requerido es: $Q_T = 0.1858 \frac{m^3}{s} = 668.88 \frac{m^3}{h}$

El número de ventiladores necesario es:

$$N^{\circ}_{vent} = \frac{Q_T}{Q_{vent}}$$

$$N^{\circ}_{vent} = \frac{668.88}{243} \rightarrow N^{\circ}_{vent} = 2.75 \approx 3$$

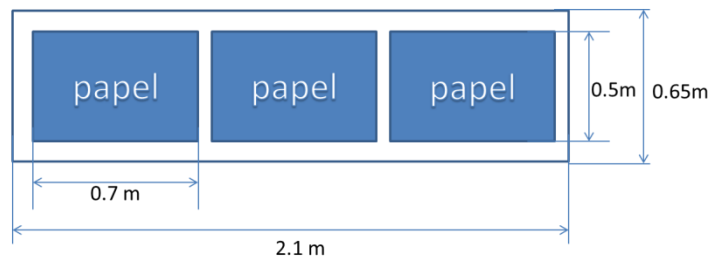
Se decide utilizar 3 ventiladores con un flujo de aire de $243 \frac{m^3}{h}$ cada uno, y se realizaran las pruebas correspondientes para evaluar las temperaturas reales de la máquina en funcionamiento y corroborar los resultados.

5.2 DISEÑO MECÁNICO

Se realiza la descomposición de las fuerzas que intervienen en la barnizadora de rayos U.V, con el fin de realizar un análisis de cada una de las piezas que componen la máquina, y mediante cálculos y diseño, hacer la selección más adecuada de los componentes y materiales necesarios en cada sistema.

5.2.1 Sistema de Transporte del Papel. Para el cálculo y diseño de este sistema partimos de una selección previa, con la cual se escogió una banda transportadora metálica de malla eslabonada por su resistencia a temperaturas de trabajo elevadas y bajo costo, la cual está restringida por las dimensiones de largo y ancho planteadas para la ubicación de máquina, y las medidas del papel a transportar. Haciendo una distribución previa para cada sistema y teniendo en cuenta tolerancias necesarias para el ensamble de cada uno de estos, planteamos las siguientes dimensiones para la banda:

Figura 34. Dimensiones banda transportadora



Fuente: autor

5.2.1.1 Rodillo principal: Los gramajes de papel usados están entre el rango de 120-300 g/m²; para conocer la carga soportada por cada rodillo principal de la banda se realiza el cálculo con el papel más pesado.

Datos del papel

Dimensiones del papel: 70X50 [cm] (1/2 pliego)

Gramaje: 300 [g/m²]

Área del papel: 3500 cm² o 0.35 [m²]

Se determina el número de pliegos que puede transportar la banda en el avance:

$$\# \text{ de pliegos} = \frac{L_b}{L_p}$$

Dónde:

$L_b \equiv$ Longitud de la banda

$L_p \equiv$ Longitud del papel

$$\# \text{ de pliegos} = \frac{210}{70} = 3$$

El peso soportado por los rodillos principales de la banda de transporte del papel se determina según la siguiente ecuación:

$$P_t = C_p + P_b$$

Dónde:

$P_t \equiv$ Carga máxima kg

$C_p \equiv$ Carga total del papel [kg]

$P_b =$ Peso de la banda [kg]

Entonces:

$$C_p = \text{Area}_{\text{papel}} * \text{Gramaje} * \# \text{ de pliegos}$$

$$C_p = 0.35 \text{ m}^2 * 300 \frac{\text{g}}{\text{m}^2} * 3 = 315 \text{ g}$$

$$\rightarrow C_p = 0.315 \text{ kg}$$

El peso de la banda medido por una balanza fue de 2.93 kg/m² correspondiente a una malla metálica eslabonada calibre 16.

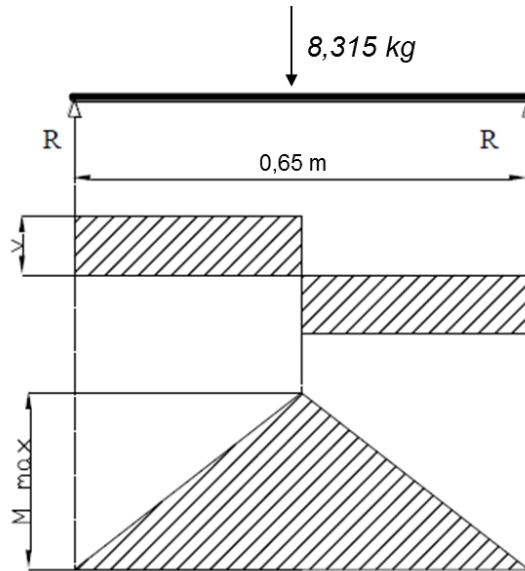
Por lo tanto, para las dimensiones especificadas el peso P_b de la banda es:

$$P_b = 2.93 \frac{kg}{m^2} * 2.1 m * 0.65 m * 2 = 8 [kg]$$

$$\rightarrow P_t = 0.315 + 8 = \mathbf{8.315 [kg]}$$

La carga máxima soportada por la banda es de 8.315 kg. Por lo tanto se calcula la dimensión del eje necesaria para soportar dicha carga.

Figura 35. Diagrama de momentos sobre el rodillo



Fuente: Autor

El momento máximo correspondiente a la carga dada esta determinado por el área baja la curva del diagrama de esfuerzos cortantes.

$$M = \frac{P_b * L}{4}$$

Dónde:

$L \equiv$ Ancho de la banda

$$M = \frac{8.315 kg * 0.65 m}{4} = 1.35 kg * m = \mathbf{13.24 [N * m]}$$

Para la determinación del diámetro del rodillo principal de la banda se parte de un esfuerzo a la tensión para el acero $S_y = 353 \times 10^6 \text{ MPa}$ ¹¹ y un factor de seguridad de $F_s = 1.85$ ¹² recomendado para este trabajo.

$$M = T$$

$$d = \frac{16n}{\pi S_y} \sqrt[3]{4M^2 + 3T^2} * F_s$$

Dónde:

$d \equiv$ *Diámetro rodillo principal [m]*

$n \equiv$ *numero de rodillos*

$S_y \equiv$ *esfuerzo a la tensión [MPa]*

$M =$ *Momento máximo [N * m]*

$T =$ *Torque máximo [N * m]*

$F_s \equiv$ *Factor de seguridad*

$$\begin{aligned} \rightarrow d &= \frac{16(2)}{\pi(353 \times 10^6)} \sqrt[3]{7 \cdot 13.24^2 + 3 \cdot 13.24^2} * 1.85 \\ \rightarrow d &= 0.01857 \text{ m} = 1.857 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Estandarizando el valor del diámetro al más cercano encontrado en el mercado se tiene que:

$$d \approx \frac{3}{4} \text{ in} = 0.01905 \text{ [m]}$$

¹¹ HIBBELER, R. (2006). *Mécanica de materiales*. Mexico: Pearson education.

¹² MORALES, Jorge., & RODRIGUEZ, Daniel. (2012). *Diseño y construcción de un túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioleta*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.

El diámetro calculado no es suficiente para brindar el arrastre necesario para la banda, por lo que se debe determinar el diámetro necesario para garantizar el movimiento de la misma

Se selecciona un diámetro de rodillo recomendado para el ancho de banda dado de 0.65m (Ver Tabla 2).

Tabla 4. Diámetros recomendados para rodillo de banda

Recomendación de diámetro de rodillos por ancho de banda											
BANDA	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
63,5	x	x	x								
70		x	x	x							
78		x	x	x	x						
89		x	x	x	x						
102			x	x	x	x					
108			x	x	x	x	x				
127				x	x	x	x	x			
133				x	x	x	x	x			
152,4						x	x	x	x		
159						x	x	x	x		
183,7									x	x	x

Fuente: <http://rotranssa.com/catalogos>

$$\rightarrow d = 0.07 \text{ m}$$

Con lo anterior se decide utilizar dos cilindros para la banda transportadora con las siguientes dimensiones:

$$D_{eje} = 0.019 \text{ [m]}$$

$$D_{cilindro} = 0.07 \text{ [m]}$$

$$L_{eje} = 0.794 \text{ [m]}$$

$$L_{cilindro} = 0.65 \text{ [m]}$$

Finalmente a este rodillo se le hace un recubrimiento con una banda de caucho de aproximadamente 1 [mm] de espesor, para garantizar la fricción necesaria entre el rodillo y la malla metálica.

5.2.1.2 Placa soporte de la banda: Debido a la longitud y al peso que posee la banda metálica se hace necesario fijar una placa que servirá como soporte del peso total de la banda y el papel transportado. Este soporte estará ubicado debajo la parte de la banda que avanza hacia el proceso de barnizado y la parte de está que regresa al rodillo principal, para poder garantizar la horizontalidad del papel en el trayecto de secado.

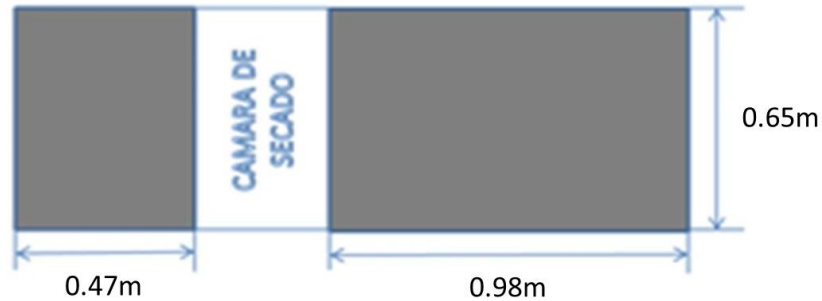
Figura 36. Placa soporte de la banda metálica.



Fuente: Autor

La placa debe soportar a la banda de la en dos tramos, debido a que debe haber una interrupción de esta, para que permita reflejar los rayos de luz ultravioleta mediante la ubicación de una lámina reflectora, además de contribuir con la transferencia de calor para disminuir la temperatura de la cámara de secado de la siguiente manera:

Figura 37. Distribución placa soporte



Fuente: Autor

Debido a que el peso de la banda metálica no es representativo (2.93 kg/m^2) como para realizar un análisis de esfuerzos para encontrar el espesor de placa adecuado, se decide utilizar una lámina de madera con un espesor de 5 mm, la cual está recubierta de una goma que evita el desgaste de la placa al estar en contacto con la banda.

5.2.1.3 Chumaceras de rodillos de banda. Para las cargas mencionadas anteriormente para los rodillos, no se hace necesario utilizar rodillos de gran capacidad de carga, ni se requiere hacer el proceso de cálculo para la selección de estos. Se decide utilizar 4 chumaceras de la siguiente manera:

Rodillo de banda motriz: se seleccionaron 2 chumaceras de pared con rodamiento de bolas para eje de $\frac{3}{4}$ [in] de referencia “**KML FL 204**”.

Rodillo de banda tensor: se seleccionaron 2 chumaceras de pared cuadradas con rodamiento de bolas para eje de $\frac{3}{4}$ [in] de referencia “**UCF 201 D1**”. Se escogen chumaceras cuadradas con el fin de poder generar un desplazamiento a los largo de unas guías para poder tensar la banda.

5.2.2 Sistema de Aplicación de Barniz. Para el proceso de aplicación del barniz mencionado en el capítulo anterior se hace necesario hallar el diámetro de los

rodillos, las dimensiones de la mesa guía para el papel, y los recipientes de aplicación y recepción de barniz.

5.2.2.1 Rodillos de nitrilo: Estos rodillos están elaborados con un eje base, un alma de acero y un recubrimiento de nitrilo. Para la selección de las dimensiones de los rodillos de nitrilo se tienen en cuenta los siguientes factores:

- **Dimensiones del papel:** de acuerdo con las dimensiones del papel a barnizar en este caso máximo medio pliego, el ancho (50 cm) es el factor que influye en la longitud del alma recubierta con la capa de nitrilo, ya que este debe tener una longitud un poco mayor para garantizar la totalidad de la aplicación de barniz sobre el papel.
- **Inercia del rodillo:** el tamaño del rodillo debe ser lo más pequeño posible para garantizar un consumo de potencia bajo en el movimiento de estos, y unos rodamientos más económicos.
- **Costo:** el precio del rodillo influye en el tamaño y el espesor de la capa de nitrilo que se debe aplicar, por lo cual se debe escatimar en el tamaño y recubrimiento.
- **Ubicación de piñones:** el eje del rodillo debe estar estandarizado al diámetro de los piñones a utilizar y se debe disponer de una superficie libre para ubicarlos.

Basados en los anteriores factores, en la disponibilidad de espacio en la máquina, y en la facilidad del mercado planteamos las siguientes dimensiones:

$$L_{eje} = 0.79 \text{ m}$$

$$D_{alma} = 0.035 \text{ m}$$

$$L_{rodillo} = 0.6[m]$$

$$D_{exterior} = 0.09 \text{ m}$$

$$D_{eje} = \frac{3}{4} \text{ in}$$

5.2.2.2 Rodillo de acero: Para las dimensiones de este rodillo se debe tener en cuenta la superficie que va a estar en contacto con el rodillo de nitrilo, al igual que la longitud adecuada del eje para ubicar el piñón que recibe el movimiento y el que lo transfiere a los demás rodillos. Para escogemos las siguientes dimensiones por facilidad de adquisición y garantizar el arrastre del papel (ver anexos):

$$L_{eje} = 0.85 \text{ m}$$

$$D_{eje} = \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$L_{cilindro} = 0.6 \text{ m}$$

$$D_{cilindro} = 0.06 \text{ m}$$

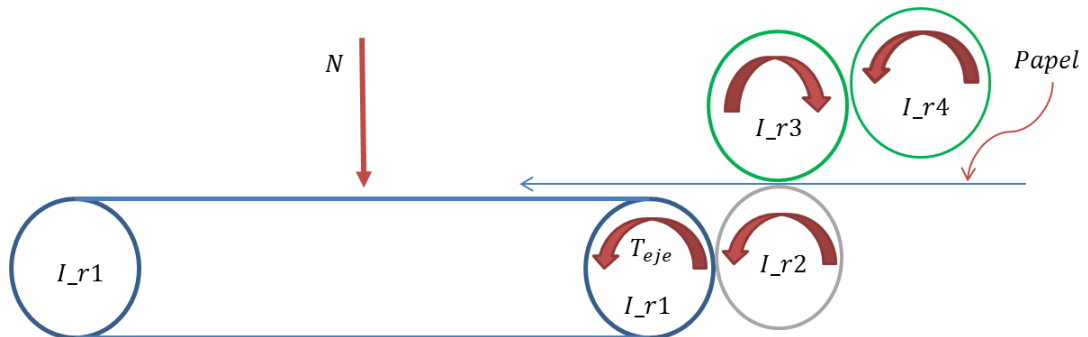
5.2.2.3 Chumaceras: Las cargas aplicadas sobre los rodillos son debidas al contacto entre los rodillos y a la transmisión de la potencia para el giro, son únicamente radiales y su valor no es significativo, no se hace necesario un proceso de cálculo para la selección de los rodamientos. Se decide utilizar 4 chumaceras tensoras “**UCT201D**” con rodamiento de bolas para eje de $\frac{3}{4}$ [in], las cuales permiten el desplazamiento de los cilindros de nitrilo para ajustar el arrastre del papel y la aplicación del barniz, y 2 chumaceras de pared con rodamiento de bolas para eje de $\frac{3}{4}$ [in] de referencia “**KML FL 204**”, las cuales permiten el giro del rodillo de acero (ver anexos).

5.2.3 Sistema de transmisión de potencia

Cálculo Motor eléctrico.

Para el cálculo del motor eléctrico es necesario conocer los torque generados en cada uno de los rodillos los cuales tiene que suministrar el motor. Se desprecia el torque en los rodillos 2, 3, 4 debido a que no están en contacto. La potencia del motor se da de acuerdo a las cargas y a la velocidad requerida.

Figura 38. Diagrama de fuerzas



Fuente: Autor

Análisis del rodillo:

$$T_{eje} - T_c = I_r + I_c \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

Dónde:

$T_{eje} \equiv$ Torque total en el rodillo $[N * m]$

$T_c \equiv$ Torque debido a la carga $[N * m]$

$I_r \equiv$ Inercia de los rodillos $kg * m^2$

$I_c \equiv$ inercia debido a la carga $kg * m^2$

$\frac{\Delta\omega}{\Delta t} \equiv$ Aceleracion angular del rodillo $\frac{rad}{seg^2}$

Para calcular el torque debido a la carga se necesita conocer el coeficiente de fricción entre el rodillo y la banda que para este caso es el que corresponde a contacto acero-caucho ($\mu = 0.74$)¹³

$$T_c = \mu N r_t \quad \therefore \quad N = P_t * g$$

¹³ HIBBELER, R. (2006). *Mécanica de materiales*. Mexico: Pearson education.

$$r_t = \frac{D_{cilindro}}{2}$$

Entonces:

$$T_c = 0.74 * 8.315 * 9.81 * 0.035 \rightarrow T_c = 2.11 [N * m]$$

Para calcular la inercia de los rodillos se debe tener en cuenta el peso de cada uno de ellos los cuales fueron tomados en una balanza. Sabiendo que la inercia de un cilindro está dada por:

$$I = \frac{1}{2}mr^2$$

$$I_r = 2I_{r1} + I_{r2} + I_{r3} + I_{r4}$$

Dónde:

$I_{r1} \equiv$ Inercia del rodillo de la banda $kg * m^2$

$I_{r2} \equiv$ Inercia del rodillo de acero $kg * m^2$

$I_{r3} = I_{r4} \equiv$ Inercia del rodillo de nitrilo $kg * m^2$

$m \equiv$ masa del rodillo [kg]

$r \equiv$ radio del rodillo [m]

Cada uno de los rodillos tiene las siguientes masas y radios correspondientes:

$$m_{r1} = 8 \text{ kg} \quad y \quad r_{r1} = 0.035 [m]$$

$$m_{r2} = 15 \text{ kg} \quad y \quad r_{r2} = 0.03 [m]$$

$$m_{r3} = m_{r4} = 8 \text{ kg} \quad y \quad r_{r3} = r_{r4} = 0.045 [m]$$

Remplazando los valores en la ecuación planteada para la inercia de un cilindro se obtuvo:

$$I_{r1} = \frac{8}{2}(0.035)^2 \quad \rightarrow \quad I_{r1} = 4.9 \times 10^{-3} \text{ kg} * \text{m}^2$$

$$I_{r2} = \frac{15}{2}(0.03)^2 \quad \rightarrow \quad I_{r2} = 6.75 \times 10^{-3} \text{ kg} * \text{m}^2$$

$$I_{r3} = \frac{8}{2}(0.045)^2 \quad \rightarrow \quad I_{r3} = I_{r4} = 8.1 \times 10^{-3} \text{ kg} * \text{m}^2$$

Entonces:

$$I_r = 2 \cdot 4.9 \times 10^{-3} + 6.75 \times 10^{-3} + 2 \cdot 8.1 \times 10^{-3} \quad \rightarrow \quad I_r = \mathbf{0.032 \text{ kg} * \text{m}^2}$$

La inercia debido a la carga es la que se genera por la aceleración de la misma; esta está dada por la siguiente expresión:

$$I_c = m_c * r_t^2 \quad // \quad m_c = P_t$$

$$I_c = 8.315 \cdot 0.035^2 \quad \rightarrow \quad I_c = \mathbf{0.0102 \text{ [kg} * \text{m}^2]}$$

De lo recomendado por el fabricante de barniz se tiene que la velocidad de secado optima está comprendida entre 15 y 25 m/min. Sin embargo como se requiere de una tarjeta variadora de velocidad se toma un rango mayor (10 a 30 m/min) para tener en cuenta los distintos factores que intervienen en el secado y de acuerdo a las pruebas determinar la velocidad óptima. Para el cálculo de la potencia se toma la velocidad crítica.

$$v = \omega * r_t$$

$$\omega = \frac{\frac{30 \text{ m}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}}{0.035 \text{ m}} \quad \rightarrow \quad \omega = \mathbf{14.29 \frac{\text{Rad}}{\text{seg}}}$$

Se calcula la aceleración angular del rodillo para un tiempo de aceleración de 2 seg.

$$\frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{14.29}{2} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \mathbf{7.145 \frac{\text{Rad}}{\text{seg}^2}}$$

Por lo tanto el torque en el eje está dado por:

$$T_{eje} = 2.11 + 0.032 + 0.0102 \cdot 7.145 \quad \rightarrow \quad T_{eje} = 2.419 [N * m]$$

La potencia del motor necesaria esta dada por:

$$Pot_{motor} = T_{eje} * \omega$$
$$Pot_{motor} = 2.419 * 14.29 \quad \rightarrow \quad Pot_{motor} = 34.57 W = 0.046 [HP]$$

Se dispone en la empresa (QAP Terminados Gráficos) de un motor eléctrico monofásico de $\frac{1}{2}$ [hp] a 1750 rpm. Este motor cumple con los requerimientos de carga antes calculados.

Cálculo de la transmisión de potencia.

Para el cálculo de la transmisión, se tuvo en cuenta la velocidad requerida de secado, así como también la velocidad y potencia del motor.

Según la velocidad lineal de la banda (30 m/min) se tiene una velocidad en el eje del rodillo de banda de $14.29 \frac{Rad}{seg}$ o $136.4 [rpm]$.

Por lo tanto se requiere una relación de velocidad de:

$$m = \frac{N_m}{N_t}$$

Dónde:

$m \equiv$ relación de velocidad

$N_m \equiv$ velocidad angular de el motor rpm

$N_t \equiv$ Velocidad angular de el rodillo de banda [rpm]

Entonces:

$$m = \frac{1750}{136.4} = 12.83$$

La relación de velocidad es muy alta para realizar la reducción en una sola etapa con correas o cadenas, para esto se requiere utilizar un reductor o dos etapas de reducción.

La empresa dispone de un reductor 60:1 que se empleará y se determinarán las poleas y piñones necesarios para obtener la velocidad requerida.

Se realizará la transmisión entre la entrada del reductor y el motor con correas y entre la salida del reductor y el rodillo de banda con cadenas.

Selección de cadenas y correas de transmisión

Se empieza por determinar el piñón del rodillo de banda y la cadena requerida teniendo en cuenta que este debe ser el más pequeño posible según la potencia de diseño.

$$Pot_{dis} = Pot_{motor} * Nsf$$

Dónde:

$Pot_{dis} \equiv$ Potencia de diseño [hp]

$Pot_{motor} \equiv$ Potencia nominal del motor electrico hp

$Nsf \equiv$ Factor de servicio

Se escoge un factor de servicio de 1.1¹⁴ para las condiciones de operación

$$Pot_{dis} = 0.5 * 1.1 \quad \rightarrow \quad Pot_{dis} = 0.55 [hp]$$

Se determina el paso de la cadena de acuerdo a la mejor relación entre el número de dientes del piñón y las rpm del mismo que me satisfaga la potencia requerida.

¹⁴ ROJAS, Hernan. (1992). *Diseño de Máquinas II*. Colombia: Universidad industrial de Santander. Tomo 3. p.28

Se decide usar **cadena N°40 con lubricación Tipo 1**¹⁵ para un piñón de $Z_t = 15$ **dientes** para el eje del rodillo de banda.

Como la velocidad de la salida del reductor depende de la selección de la correa y los poleas, se debe establecer una relación que me cumpla con los parámetros de espacio y que sea lo más pequeña posible.

Debido a que la velocidad alcanzada en la transmisión por correas es alta y la potencia a transmitir es pequeña, se selecciona correa tipo A con un diámetro de polea $D_{r1} = 75 \text{ mm}$ ¹⁶ que es el menor recomendado para este tipo de correa.

Sabiendo que la relación del reductor es de 60:1 se tiene que:

$$\frac{D_m}{D_{r1}} = \frac{N_{r1}}{N_m} \quad y \quad N_{r2} = \frac{N_{r1}}{i}$$

Por lo tanto:

$$\frac{N_{r2}}{N_t} = \frac{Z_t}{Z_{r2}}$$

Dónde:

$D_m \equiv$ *Diámetro de la polea conductora polea del motor [cm]*

$D_{r1} \equiv$ *Diámetro de la polea conducida polea entrada del reductor [cm]*

$N_{r1} \equiv$ *Velocidad angular polea conducida [rpm]*

$N_{r2} \equiv$ *Velocidad angular del piñón conductor salida del reductor [rpm]*

$i \equiv$ *Relación de velocidad del reductor*

$N_t \equiv$ *Velocidad angular del rodillo de banda [rpm]*

$Z_t \equiv$ *Numero de dientes del piñón conducido*

$Z_{r2} \equiv$ *Numero de dientes del piñón conductor*

¹⁵ ROJAS, Hernan. (1992). *Diseño de Máquinas II*. Colombia: Universidad industrial de Santander.Tomo 3. p.18

¹⁶ ROJAS, Hernan. (1992). *Diseño de Máquinas II*. Colombia: Universidad industrial de Santander.Tomo 3. p.29

Se genera una tabla que relacione el diámetro de la polea conductora y el número de dientes del piñón conductor y se selecciona la opción que cumpla con lo conseguido en el mercado y con las condiciones de estética y espacio de la máquina.

Tabla 5: Valores permisibles de polea y piñón

1..10	1 D _m [mm]	2 N _{r1} [rpm]	3 N _{r2} [rpm]	4 Z _{r2}
Run 1	80	1867	31,11	65,77
Run 2	100	2333	38,89	52,62
Run 3	130	3033	50,56	40,48
Run 4	150	3500	58,33	35,08
Run 5	170	3967	66,11	30,95
Run 6	200	4667	77,78	26,31
Run 7	230	5367	89,44	22,88
Run 8	250	5833	97,22	20,93
Run 9	280	6533	108,9	18,79
Run 10	300	7000	116,7	17,54

Fuente: Autor

De la tabla se selecciona:

$$D_m = 250 \text{ mm}$$

$$Z_{r2} = 21 \text{ dientes}$$

Para la distancia entre centros de las poleas se parte de una distancia mínima recomendada¹⁷.

$$C = D_m$$

$$L = 2 * C + 1.27 \sqrt{D_m + D_{r1}} + \frac{D_m - D_{r1}}{4 * C_{min}}$$

Dónde:

$C \equiv$ Distancia entre centros [mm]

$L \equiv$ Longitud de la correa [mm]

¹⁷ ROJAS, Hernan. (1992). *Diseño de Máquinas II*. Colombia: Universidad industrial de Santander. Tomo 3. p.31

Entonces:

$$L = 2 * 250 + 1.27 * 250 + 75 + \frac{250 - 75^2}{4 * 250} \rightarrow L = 1041 [mm]$$

Se debe normalizar la longitud a las conseguidas en el mercado y se debe recalcular la distancia entre centros

$$L = 1066 \text{ mm}$$

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_m - D_{r1})}}{16}$$

$$B = 4 * L - 6.28(D_m - D_{r1})$$

Remplazando:

$$B = 4 * 1066 - 6.28 * 250 - 75 \rightarrow B = 2223$$

$$C = \frac{2223 + \sqrt{2223^2 - 32(250 - 75)}}{16} \rightarrow C = 277.8 [mm]$$

Para calcular el número de correas necesarias se parte de las siguientes correlaciones¹⁸:

$$Pot_{nom} = a * \frac{10^3}{V_m}^{0.09} - \frac{C_a}{K_d * usD_{r1}} - e * \frac{V_m^2}{10^6} * \frac{V_m}{10^3}$$

$$Pot_{ajust} = K_\theta * K_L * Pot_{nom}$$

Dónde:

$Pot_{nom} \equiv$ Potencia nominal de la correa [hp]

$Pot_{ajust} \equiv$ Potencia ajustada de la correa [hp]

$a, e, C_a \equiv$ Constantes específicas para cada tipo de correa

$V_m \equiv$ Velocidad periférica de la p Polea conductora $\frac{ft}{min}$

¹⁸ ROJAS, Hernan. (1992). *Diseño de Máquinas II*. Colombia: Universidad industrial de Santander. Tomo 3. p.27

$usD_{r1} \equiv$ *Diametro polea conducida [in]*

$K_d \equiv$ *Coficiente de diametro pequeño*

$K_\theta \equiv$ *Coficiente de arco de contacto*

$K_L \equiv$ *Factor de corrección de longitud*

Entonces:

$$V_m = \frac{2 * \pi}{60} * N_m * \frac{D_m}{2} * 196.85 * \frac{ft}{m} \frac{min}{s}$$

$$V_m = \frac{2 * \pi}{60} * 1750 * \frac{250}{2} * 0.19685 * \frac{ft}{mm} \frac{min}{s} \rightarrow V_m = 4509 \frac{ft}{min}$$

$$\rightarrow usD_{r1} = 75mm * \frac{1 in}{25.4 mm} = 2.953[in]$$

Los coeficientes y factores de corrección, así como las constantes para este caso son los siguientes¹⁹:

$$a = 2.684$$

$$C_a = 5.326$$

$$e = 0.0136$$

$$K_\theta = 0.81$$

$$K_d = 1.14$$

$$K_L = 0.87$$

Remplazando en la ecuación de Pot_{nom} y Pot_{ajust} tenemos que:

$$Pot_{nom} = 2.684 * \frac{10^3}{4509}^{0.09} - \frac{5.326}{1.14 * 2.953} - e * \frac{4509^2}{10^6} * \frac{4509}{10^3}$$

$$\rightarrow Pot_{nom} = 2.187 [hp]$$

¹⁹ ROJAS, Hernan. (1992). *Diseño de Máquinas II*. Colombia: Universidad industrial de Santander. Tomo 3. p.29-30

$$Pot_{ajust} = 0.81 * 0.87 * 2.187 \quad \rightarrow \quad Pot_{ajust} = 1.541 [hp]$$

El número de correas está dado por:

$$N_{correas} = \frac{Pot_{dis}}{Pot_{ajust}}$$

$$N_{correas} = \frac{0.55}{1.541} \quad \rightarrow \quad N_{correas} = 0.357 \approx 1 \text{ correa}$$

5.3 DISEÑO SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico es el encargado de suministrar la energía para el funcionamiento de las lámparas, los ventiladores, y el motor.

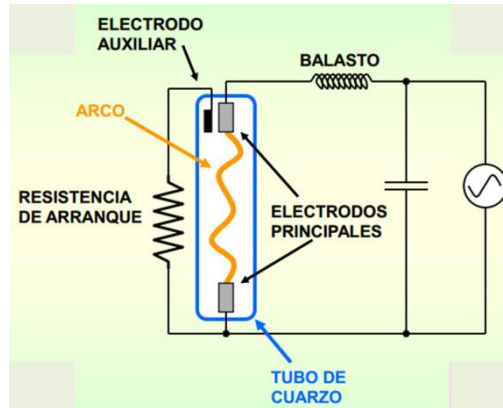
Para la correcta distribución de la energía y el buen funcionamiento de los componentes se necesitan unos componentes adicionales seleccionaremos a continuación:

5.3.1 Balastro. El balastro o inductancia es un equipo auxiliar que se utiliza para regular la corriente de encendido de la lámpara y así evitar la ruptura de la capsula de cuarzo. Su selección se hace teniendo en cuenta la potencia y voltaje de las lámparas, en este caso por ser lámparas de 400 vatios las cuales funcionan a un voltaje de 220 V. Se debe utilizar un balastro por cada una de estas, por lo tanto serian 10 balastros en total.

5.3.2 Capacitor. El capacitor es el encargado de mejorar el factor de potencia de la lámpara, y con esto reducir los costos operativos teniendo en cuenta reducción de consumo de potencia reactiva, la cual tiene un alto costo. Para estas lámparas de 400 W se deben utilizar 10 capacitores de 31 MF.

La conexión de cada lámpara con su balastro y capacitor se muestra en la figura 38.

Figura 39. Conexión lámpara con balastro y capacitor



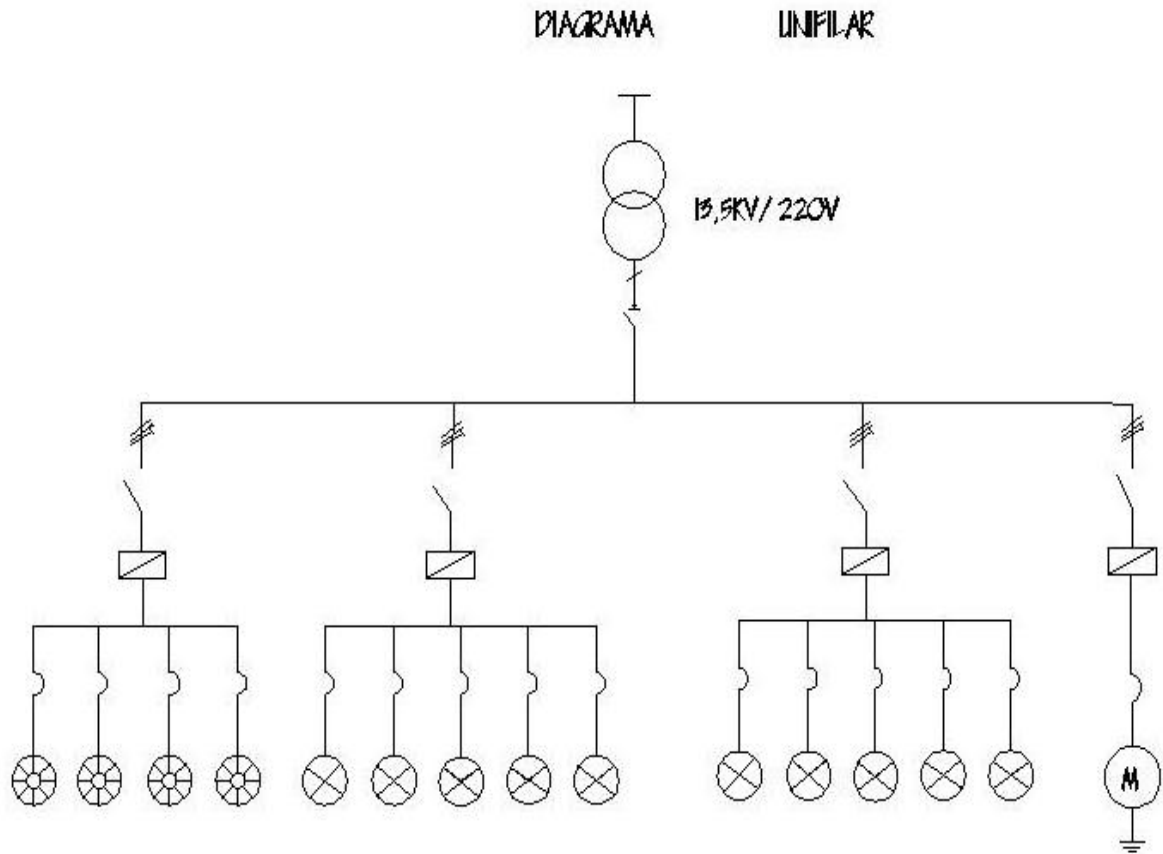
Fuente: Autor

5.3.3 variador de velocidad. Como se hace necesario variar la velocidad de la banda dependiendo del tipo de barnizado a realizar y el motor es síncrono, se debe utilizar un variador de velocidad. En este caso se utilizará un variador para motores CA, el cual varía la frecuencia y por tanto varía la velocidad. Por ello es que este tipo de variadores manipula la frecuencia de alimentación al motor a fin de obtener el control de la velocidad de la máquina.

5.3.4 cableado. Para el cableado de cada componente eléctrico se utilizó cable encauchetado número 12, pero teniendo en cuenta que dentro del túnel de secado existen temperaturas de trabajo elevado se hace necesario utilizar cable resistente a estas temperaturas, por lo tanto en esta zona se usa cable siliconado del mismo calibre.

La distribución de los componentes del sistema eléctrico, se muestra en el diagrama unifilar de la figura 40.

Figura 40. Diagrama unifilar del sistema eléctrico



Fuente: Autor

Y la convención para diagrama unifilar se muestra en la figura 41.

Figura 41. Convención diagrama unifilar

CONVENCIONES	
	Motor trifásico de 1 Hp, 220 V y 60 Hz
	Lámpara de vapor de Mercurio de 400W, con balastro de 400w y un capacitor de 31 MF
	Ventilador a 110 V para disipación de calor
	Fusible 10A

Fuente: Autor

5.3.5 Control de Velocidad. La máquina barnizadora requiere un control en la velocidad del proceso, debido al tipo de barnizado que se desee aplicar. Como el motor que suministra la potencia al sistema es sincrónico, se debe implementar un elemento que realice esta función. Se escogió una tarjeta variadora de velocidad, la cual cumple con esta función además de ahorrar energía.

5.3.5.1 Tarjeta variadora de velocidad. La tarjeta variadora para un motor de sincrónico AC es una variadora de frecuencia la cual permite controlar la velocidad mediante el ajuste de la frecuencia de alimentación al motor.

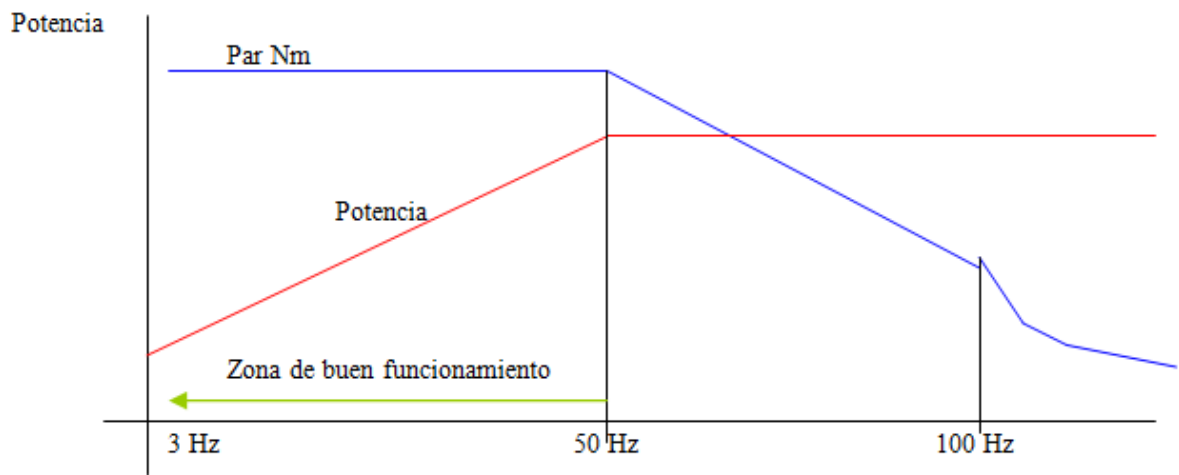
Entonces para este caso que se utiliza un motor sincrónico el control de la velocidad está dada por:

$$N_s = \frac{120 * F}{p}$$

De acuerdo a esta ecuación la velocidad es directamente proporcional a la frecuencia. Por otra parte esta tarjeta mantiene constante la relación voltaje/frecuencia para evitar la saturación magnética del motor, por lo tanto al disminuir la velocidad del motor disminuye la frecuencia de alimentación y por consiguiente disminuye el voltaje, de esta manera la energía consumida también disminuye. Teniendo en cuenta lo anterior para el barnizado parcial se consume menos energía que en el barnizado total.

El comportamiento del motor, ajustando la velocidad con la tarjeta variadora se puede observar en la figura 41, donde se puede observar que el consumo del motor disminuye al disminuir la frecuencia de alimentación y por lo tanto su velocidad manteniendo un par constante.

Figura 42. Comportamiento del motor con tarjeta variadora



Fuente: Autor

6. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

A continuación se describen los costos relacionados a la construcción de la máquina barnizadora UV, con el fin de obtener una referencia, la cual pueda servir como apoyo, en el momento de tomar una decisión de construir una de estas máquinas de acuerdo a los requerimientos. En la tabla 6 se da un listado de los costos de piezas diseñadas y elaboradas para la máquina, y en la tabla 7, se da un listado de los costos de piezas normalizadas utilizadas en la máquina y costos de manufactura.

Tabla 6. Costos de piezas máquina barnizadora

	Parámetro de cobro	Costo	Tiempo Requerido	Cantidad	Valor Unitario	Costo Total
Angulo para placa de malla	1,6	C	D	2	7000	14000
Angulo tensión chumacera	1,6	C	D	20	1500	30000
Bandeja de balastros y condensadores	2,6	C	E	1	18000	18000
Barra estabilizadora inferior	1,6	B	E	2	20000	40000
Barra estabilizadora superior	1,6	B	E	2	20000	40000
Caja chumacera tensora de banda	2,6	C	D	2	8000	16000
Cubierta sistema eléctrico	2,6	B	D	1	25000	25000
Cubierta superior	2,6	A	E	1	40000	40000
Cubierta transmisión derecha	2,6	B	D	1	30000	30000
Cubierta transmisión izquierda	2,6	B	D	1	20000	20000
Empaque estructura	1	C	D	2	6000	12000
Estructura moto- reductor	1,6	B	D	1	60000	60000
Guías chumacera de banda	1,6	c	D	2	2000	4000
Juntas estructura	2,6	C	D	4	3000	12000
Lamina limpiador	2,6	C	D	1	1000	1000

Lamina protectora U.V derecha	2,6	C	D	1	15000	15000
Lamina protectora U.V izquierda	2,6	C	D	1	20000	20000
Limpiador	2	C	D	1	64000	64000
Mesa ingreso papel	2	B	D	1	40000	40000
Mesa recepción de papel	1,2,6	C	E	1	60000	60000
Paral delantero	1,6	B	D	2	25000	50000
Paral posterior derecho	1,6	B	D	1	25000	25000
Paral posterior izquierdo	1,6	B	D	1	25000	25000
Perillas	2,6	A	F	8	20000	160000
Placa de rodillos	2,6	A	E	2	70000	140000
Placa para tensión de la banda	2,6	C	D	2	5000	10000
Placa soporte de banda derecha	2	B	D	1	45000	45000
Placa soporte de banda izquierda	2	B	D	1	35000	35000
Recipiente dosificador de barniz	2,6	A	E	1	50000	50000
Recipiente recolector de barniz	2,6	A	E	1	25000	25000
Reflector	2,6	A	E	1	60000	60000
Rodillo de acero	3,6	A	F	1	300000	300000
Rodillo de nitrilo	3,5,6	A	F	2	350000	700000
Rodillo motriz de banda	3,6	B	F	1	50000	50000
Rodillo tensor de banda	3,6	B	F	1	50000	50000
Soporte bandeja balastos y condensadores	1,6	C	D	2	20000	40000
Soporte mesa recepción de papel	1,6	C	E	1	60000	60000
Varilla estabilizadora inferior	3	B	E	1	35000	35000
Varilla estabilizadora superior	3	B	E	2	35000	70000
Viga derecha	1,6	B	D	2	65000	130000
Viga izquierda	1,6	B	D	1	65000	65000
Eje piñón tensor	2,6	C	D	2	3000	6000
					TOTAL=\$ 2692000	

Fuente: Autor

Tabla 7. Costos de piezas normalizadas y manufactura

	Cantidad	Valor Unitario	Costo Total
Arandela iso 10673 12-N	59	238	14042
Arandela iso 10673 6-N	44	67,3	2961,2
Arandela iso 7092 2-N	16	34,8	556,8
Cadena de rodillos N°40	2	25000	50000
Chumacera cuadrada y rodamiento	2	15000	30000
Chumacera de Pared y rodamiento	4	20000	80000
Chumacera Tensora y rodamiento	4	25000	100000
Correa trapezoidal A-105	1	7000	7000
Gastos de fabricación e instalación	1	350000	350000
Lámpara de vapor de mercurio 400W	10	22000	220000
Malla metálica eslabonada 65X410	1	150000	150000
Piñón paso 40 de 15 dientes	7	30000	210000
Piñón paso 40 de 21 dientes	1	40000	40000
Polea para correa trapezoidal de aluminio D=250mm	1	35000	35000
Polea para correa trapezoidal de aluminio D=75mm	1	15000	15000
Sistema eléctrico	1	1300000	1300000
Tornillo iso 1580 M2X45X45N	16	100	1600
Tornillo iso 4015 M12X20X20N	14	124,12	1737,68
Tornillo iso 4015 M16x90x90N	2	500	1000
Tornillo iso 4762 M12X20X20N	34	124,12	4220,08
Tornillo iso 4762 M12X35X35N	11	203	2233
Tornillo iso 4762 M6X30X30N	44	110,2	4848,8
Tuerca iso 4034 M12-N	59	205,31	12113,29
Tuerca iso 4034 M16-N	2	400	800
Tuerca iso 4034 M6-N	44	17,4	765,6
Tuerca iso 4036 M2-N	16	16	256
Varilla roscada iso M10X17X17	8	1250	10000
Ventilador	4	16000	64000
		TOTAL= \$ 2708134,45	

Fuente: Autor

Para un costo total de la máquina de: **\$5'400.134,45**

6.1 PARAMETROS DE COBRO

Los parámetros de cobro definen la importancia de las piezas utilizadas, basadas en el diseño y la construcción de la máquina barnizadora UV. Se define un valor o grado de importancia para la pieza, como se observa a continuación:

1. Para esta pieza se necesita material que viene de forma extruida en diámetros diversos el cual se selecciona de acuerdo a nuestro diseño y su costo depende del volumen.
2. Para esta pieza se necesita material que viene de forma laminar en espesores diversos el cual se selecciona de acuerdo a nuestro diseño y su costo depende del volumen.
3. Este tipo de elemento se consigue con características de medida de diámetro y espesores.
4. Material de forma líquida y su costo lo define la cantidad. (Se debe comprar una mínima cantidad).
5. Pieza que tiene un proceso en el cual se necesita un diseño preliminar o modelo y molde.
6. Pieza que tiene un proceso de mecanización con maquinaria especializada. (Su costo depende de las horas – máquina consumidas).

6.2 COSTO

Se caracteriza por el valor en pesos que representa el material y su mecanizado.

A= Costoso.

B= Medianamente costoso.

C= Bajo costo.

6.3 TIEMPO REQUERIDO

Se caracteriza por la facilidad de obtener la pieza como materia prima hasta su mecanizado final.

D= Rápido.

E= Medio rápido

F= Demorado

Con la anterior información se consiguen los parámetros más importantes, los cuales se deben tener en cuenta para tomar la decisión de fabricar una máquina barnizadora UV.

7. PUESTA EN MARCHA, PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS

7.1 FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA BARNIZADORA

Para realizar el proceso de barnizado, se deben seguir unos pasos para poner en marcha la máquina, y esto se hace teniendo en cuenta la siguiente secuencia:

- **Ajuste de rodillos:** se deben ajustar los rodillos de nitrilo y el rodillo de acero de la siguiente manera:

-Para barnizado parcial: como la aplicación de barniz parcial no se hace mediante los rodillos, sino que se lleva a cabo en un proceso aparte, y la máquina barnizadora realiza el proceso de secado únicamente, por lo tanto los cilindros deben estar separados para eliminar la fricción y evitar el desgaste, con lo cual se deben aflojar las perrillas que controlan el movimiento de las chumaceras tensoras. Y las hojas se suministran directamente a la banda para realizar el secado.

-Para barnizado total: se deben unir tangencialmente los rodillos de nitrilo para que el barniz que se va suministrando se deposite sobre estos dos y no hallan fugas hacia la parte de abajo por donde está pasando el papel, de igual manera de deben unir el rodillo de nitrilo aplicador y el de acero para garantizar el arrastre del papel. Esto se logra ajustando las 4 perillas de las chumaceras tensoras que mueven los cilindros de nitrilo y el rodillo de acero permanece siempre en su misma posición.

- **Ajuste del limpiador:** el limpiador se encuentra unido al recipiente que recoge el barniz que se retira del rodillo de acero, por lo tanto para que se realice esta operación de limpiado se debe poner el limpiador en contacto con el cilindro. Esto se logra apretando las perillas que están unidas al recipiente hasta lograr

el rozamiento necesario, y si es para barnizado parcial se aflojan las perillas hasta evitar el rozamiento.

- **Llenado del recipiente de barniz:** se debe verificar el nivel del recipiente dosificador del barniz, y dependiendo sea el caso se debe adicionar la cantidad que haga falta para el lote de papel a barnizar.
- **Alimentación de energía:** se debe conectar la entrada de corriente de la máquina a una fuente de energía a 220v.
- **Accionamiento de interruptores:** los interruptores que se encuentran ubicados en la caja eléctrica de la máquina se deben accionar en el siguiente orden:
 - interruptor de ventilador
 - interruptor de lámparas: al accionar este, se debe esperar 5 minutos para que las lámparas alcancen un equilibrio de funcionamiento.
 - interruptor del motor
- **Ajuste de la velocidad:** teniendo en cuenta el tipo de barnizado a realizar se ajusta la velocidad de la banda con el potenciómetro ubicado en la caja eléctrica.
- **Suministro del papel:** ya con la máquina en marcha el operario debe empezar a suministrar hoja por hoja a la mesa se suministró para que se genere el arrastre del papel e inicio del barnizado.

Finalmente, después de terminado el proceso se deben apagar los interruptores en el orden inverso al anterior, pero antes de apagar los ventiladores se debe esperar unos minutos para ayudar a enfriar el sistema de secado.

7.2 MANTENIMIENTO

Como cualquier sistema mecánico esta máquina puede presentar fallas debidas a malos manejos operativos o tiempos de vida de las piezas. A pesar de esto es importante que se realice un mantenimiento preventivo a los siguientes componentes:

7.2.1 Lámparas U.V. El fabricante establece un tiempo de duración de las lámparas entre 4000 a 6000 horas, pero estas lámparas de vapor de mercurio disminuyen su efectividad a medida que se incrementa su tiempo de uso. Por lo cual se recomienda hacer un cambio de estas lámparas antes de que cumplan las 4000 horas de servicio, para garantizar que el proceso de barnizado sea de calidad.

7.2.2 Reflector. Como el reflector está expuesto al calor generado por las lámparas, y presenta cambios de temperatura en sus superficies, esto va generando un cambio en las propiedades del material, en este caso de nuestra importancia la emisividad. Por esta razón se recomienda hacer una limpieza de las superficies por lo menos cada 20 días con algún producto para brillar metales y con esto garantizar un poco más la vida útil del reflector.

7.2.3 Rodillos de nitrilo. Para una buena duración de los rodillos se deben evitar cambios bruscos de temperatura y humedad, y exposición a luz ultravioleta, además tener los rodillos a temperatura ambiente en el momento de ajustarlos para el proceso. Adicionalmente a esto se debe hacer unas pruebas de dureza de los cilindro, esto se lleva a cabo con la ayuda de un durómetro y se debe retirar todo el barniz de la superficie de nitrilo. Si la dureza ha cambiado de 10 a 12 puntos (dureza share) con respecto a la inicial se debe reacondicionar o reemplazar el recubrimiento de nitrilo. Evitar líquidos lavadores fuertes, si la superficie presenta picadas o huecos se debe reemplazar obligatoriamente.

7.3 PRUEBA TÉRMICA

Se decide realizar una prueba del funcionamiento térmico de la máquina para encontrar el comportamiento real del túnel de secado y hacer una comparación con los resultados obtenidos teóricamente, y de esta manera verificar que el diseño establecido es el indicado.

Para el desarrollo de esta, se desea conocer la evolución de la temperatura de las lámparas de mercurio, la superficie del papel barnizado, y las paredes del reflector. Para hallar estas temperaturas se utiliza un termómetro infrarojo debido a que las temperaturas desarrolladas por cada una de las superficies es elevada, y este termómetro funciona muy bien ante estas temperaturas.

Figura 43. Termómetro infrarojo



Fuente: <http://www.aguamarket.com>

Este termómetro lleva a cabo su medición sin necesidad de que haya contacto, esto es posible por el hecho de que todos los objetos emiten una energía infrarroja invisible. La cantidad de energía emitida es proporcional a la temperatura y la emisividad del objeto. Los termómetros infrarrojos toman lecturas de temperatura por medio de sensores que captan el total de energía que surge de un objeto, la cual se compone de energía emitida, energía reflejada y energía transmitida. Esta

medición se hace apuntando con un láser que posee el termómetro, a la superficie a la que se desea tomar la temperatura, y se debe ajustar la emisividad en el termómetro dependiendo el material de la superficie a medir.

7.3.1 Procedimiento. Teniendo en cuenta el funcionamiento del termómetro se procedió a realizar la prueba de la siguiente manera:

1. Se pone en funcionamiento la máquina de acuerdo al procedimiento explicado anteriormente
2. Se deja funcionar la máquina durante un tiempo de 15 minutos
3. Se apaga la máquina e inmediatamente se procede a hacer la medición de temperatura de cada una de las superficies y se registran en una tabla
4. Las lámparas y el reflector se deben dejar enfriar hasta q las temperaturas alcancen las condiciones iniciales.
5. Nuevamente se repiten los pasos del 1 al 4 pero para tiempos de 30, 60, 120 y 180 minutos.

El termómetro arroja los resultados como se muestra en la figura 43.

Figura 44. Medición termómetro infrarrojo



Fuente: Autor

Desarrollando las pruebas para los tiempos establecidos los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 8. Resultados prueba térmica

tiempo [min]	temperatura de superficie [°C]						
	1	2	3	4	4p	5	5p
15	379	160	72.5	180.3	182.1	150.2	149.6
30	394	189.3	80	201	201.9	161.3	161
60	411	219	81	215.4	215.9	193	190.4
120	429	225	82.4	223.7	223.9	201.1	199.6
180	430.9	226	83.2	225	224.9	203.7	203.6

Fuente: Autor

7.3.2 Análisis de Resultados. De la prueba realizada para al túnel de secado, y teniendo en cuenta que el tiempo máximo de la prueba corresponde aproximadamente al tiempo promedio máximo de trabajo continuo para la máquina, se hace una comparación de las temperaturas calculadas teóricamente con las halladas experimentalmente. Se encontró que estas últimas, para cada superficie aumentaban a medida que incrementaba el tiempo de referencia, pero que entre los 120 y 180 minutos las temperaturas tendían a estabilizarse. Teniendo en cuenta lo anterior podemos concluir:

- Para un tiempo de 180 minutos como tiempo máximo de la prueba se encontró que las temperaturas son menores que las teóricas pero algunas son muy cercanas.
- La desviación de las temperaturas reales respecto de las teóricas pudo ocurrir debido al flujo extra de los ventiladores ya que al momento de calcular los ventiladores se obtuvo un valor de 2.75 ventiladores.

- Pudo presentarse una disminución de la temperatura de las superficies debido a corriente de aire externas presentes en el lugar ubicación de la máquina.
- Como las temperaturas reales son menores que las calculadas teóricamente el sistema funciona de manera adecuada ya que se logró controlar el incremento de las temperaturas a medida que se incrementa el tiempo de operación.

CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó una máquina barnizadora, la cual cumple con los objetivos planteados de realizar un proceso de barnizado total y parcial a un papel de máximo medio pliego [50X70 cm], con un control de velocidad para garantizar una velocidad de secado de 30 [m/min] para barnizado total con un tiempo total del proceso de 4.8 segundos por hoja, y 15 [m/min] para barnizado parcial con un tiempo total del proceso de 8.28 segundos por hoja. Esto los hace con los 4 subsistemas planteados (sistema de aplicación de barniz, de transporte de papel, de secado y de transmisión de potencia) los cuales funcionan de manera sincrónica durante todo el proceso.
- Se desarrolló un proceso de cálculo del sistema de secado, partiendo de los conceptos básicos de radiación hasta llegar a plantear una solución mediante un proceso de discretización el cual no se encuentra normalmente en la literatura, además de brindar una solución más exacta debido a que muchos sistemas planteados se basan en aproximaciones. Con este planteamiento se modeló el túnel de secado y se hallaron las posibles temperaturas que podrían alcanzar las superficies. Estos resultados se corroboraron con las pruebas de medición de temperaturas para diferentes intervalos de tiempo de funcionamiento continuo, realizadas en cada superficie involucrada para las cuales se obtuvieron valores de temperaturas menores a las calculadas teóricamente. Con esto garantizamos el buen funcionamiento de las lámparas ultravioleta, la conservación de las propiedades del papel que ingresa al proceso y una variación menor de la emisividad de las superficies del reflector debido a cambios bruscos de temperatura. Adicionalmente, con el procedimiento aplicado, se deja un referente el cual se puede poner en práctica para la solución de problemas reales de transferencia de calor por radiación.

- La automatización de procesos como la dosificación del barniz a los rodillos de aplicación y el suministro del papel a barnizar, no se justificaba su implementación por las siguientes razones:
 - 1) El nivel de producción actual de la microempresa
 - 2) La restricción de costos por parte de la microempresa, para el diseño y construcción de la máquina
 - 3) La disponibilidad de espacio en el lugar de ubicación de la máquina

A pesar de estas restricciones mencionadas, la maquina funciona de manera adecuada, realizando un barnizado con acabados de calidad similar al de una máquina disponible en el mercado. Adicionalmente se logró economizar aproximadamente un 70% del valor que costaría comprarla, y de esta manera se cumple con el objetivo de economizar costos.

- Las velocidades establecidas en la banda transportadora para realizar barnizado total y parcial de 30 [m/min] y 15[m/min] respectivamente, fueron determinadas haciendo una inspección visual del papel barnizado, debido a la dificultad de acceder a los instrumentos que realizan este control de calidad, por un lado por la disponibilidad y por otro por el alto costo para adquirir uno en el mercado.
- Se logró aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en un proyecto de grado que vinculó la relación entre la universidad y empresa privada, cumpliendo con la misión de la universidad.

RECOMENDACIONES

- Si la demanda para este proceso aumenta para el sector, es recomendable implementarle a la máquina un sistema para que haga el suministro de papel de manera automatizada al igual que un sistema para la dosificación del barniz.
- Si es posible conseguir los aparatos que miden la calidad del barnizado, realizar las pruebas correspondientes de brillo y dureza, y si es necesario reacondicionar los factores que intervienen en el proceso como la velocidad, la aplicación y el secado para mejorar el proceso.
- Como la empresa disponía de un motor de 1 hp el cual se instaló en la máquina por decisión de la empresa, y siendo esta potencia mayor a la requerida por el sistema, se recomienda cambiar el motor más adelante si no se le hacen modificaciones a la máquina que requieran un consumo de potencia adicional.

BIBLIOGRAFÍA

- GOMEZ, M., & SABOYA, C. (2003). Desarrollo de un barniz de secado por luz ultravioleta para el sector de las artes gráficas en Colombia. Manizales.
- HIBBELER, R. (2006). Mecánica de materiales. México D.F: Pearson education.
- MORALES, J., & RODRIGUEZ, D. (2012). Diseño y construcción de un túnel de secado de barniz mediante rayos ultravioleta. Quito.
- ROJAS, Hernan. (1992). Diseño de Máquinas II. Tomo 3. Colombia.
- SAUREZ, W., & TOSCANO, H. (2010). Diseño e implementación de un sistema de control para repotenciar una máquina barnizadora de papel. Quito.
- ULTRAVIOLETAS EN IMPRESIONES S.A., “Plastificado brillante y mate”. Disponible en internet: <http://www.uvisa.com.mx/10.html>
- YUNUS,A. Cengel. (2004). Transferencia de calor. 2 ed. Mexico: Mc Graw Hill.

ANEXOS

Anexo A. Radiación

El fenómeno de la radiación consiste en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material.

La radiación propagada en forma de ondas electromagnéticas (rayos UV, rayos gamma, rayos X, etc.) se llama radiación electromagnética, mientras que la radiación corpuscular es la radiación transmitida en forma de partículas subatómicas (partículas α , neutrones, etc.) que se mueven a gran velocidad en un medio o el vacío, con apreciable transporte de energía.

Si la radiación transporta energía suficiente como para provocar ionización en el medio que atraviesa, se dice que es una radiación ionizante. En caso contrario se habla de radiación no ionizante. El carácter ionizante o no ionizante de la radiación es independiente de su naturaleza corpuscular u ondulatoria.

Son radiaciones ionizantes los rayos X, rayos γ , partículas α y parte del espectro de la radiación UV entre otros. Por otro lado, radiaciones como los rayos UV y las ondas de radio, TV o de telefonía móvil, son algunos ejemplos de radiaciones no ionizantes.

1. RADIACION TÉRMICA

Se denomina radiación térmica o radiación calorífica a la emitida por un cuerpo debido a su temperatura. Todos los cuerpos emiten radiación electromagnética, siendo su intensidad dependiente de la temperatura y de la

longitud de onda considerada. En lo que respecta a la transferencia de calor la radiación relevante es la comprendida en el rango de longitudes de onda de $0,1\mu\text{m}$ a $100\mu\text{m}$, abarcando por tanto parte de la región ultravioleta, la visible y la infrarroja del espectro electromagnético.

La materia en un estado condensado (sólido o líquido) emite un espectro de radiación continuo. La frecuencia de onda emitida por radiación térmica es una densidad de probabilidad que depende solo de la temperatura.

Los cuerpos negros emiten radiación térmica con el *mismo* espectro correspondiente a su temperatura, *independientemente* de los detalles de su composición. Para el caso de un cuerpo negro, la función de densidad de probabilidad de la frecuencia de onda emitida está dada por la ley de radiación térmica de Planck, la ley de Wien da la frecuencia de radiación emitida más probable y la ley de Stefan-Boltzmann da el total de energía emitida por unidad de tiempo y superficie emisora (esta energía depende de la cuarta potencia de la temperatura absoluta).

A temperatura ambiente, vemos los cuerpos por la luz que reflejan, dado que por sí mismos no emiten luz. Si no se hace incidir luz sobre ellos, si no se los ilumina, no podemos verlos. A temperaturas más altas, vemos los cuerpos debido a la luz que emiten, pues en este caso son luminosos por sí mismos. Así, es posible determinar la temperatura de un cuerpo de acuerdo a su color, pues un cuerpo que es capaz de emitir luz se encuentra a altas temperaturas.

La relación entre la temperatura de un cuerpo y el espectro de frecuencias de su radiación emitida se utiliza en los pirómetros.

Tipos de radiaciones:

- radiación de radio

- radiación de microondas
- radiación infrarroja
- radiación visible
- radiación ultravioleta
- radiación X
- radiación gamma (es la que emite más energía y la más peligrosa)

Se denomina radiación ultravioleta o radiación UV a la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los 400 nm (4×10^{-7} m) y los 15 nm ($1,5 \times 10^{-8}$ m). Su nombre proviene de que su rango empieza desde longitudes de onda más cortas de lo que los humanos identificamos como el color violeta. Esta radiación es parte integrante de los rayos solares y produce varios efectos en la salud.

Anexo B. Luz Ultravioleta

La luz ultravioleta es un tipo de radiación electromagnética conocida también como luz negra. La tierra está expuesta a este tipo de radiaciones, las cuales se caracterizan por su propio largo de onda (expresadas en nanómetros), donde esté es inversamente proporcional al contenido energético de la radiación que contiene.

1. ESPECTRO DE RADIACIÓN

El espectro de radiación es una representación gráfica de la variación de la energía de radiación en función de la longitud de onda a escala logarítmica. En determinadas condiciones, los cuerpos emiten energía en forma de radiación. También los cuerpos absorben la radiación que emiten otros cuerpos, asimilando energía. La principal emisión de radiación de los cuerpos es la radiación electromagnética en forma de luz visible.

El espectro de radiación U.V está dividido en 3 clases:

1.1 Radiación U.V-C (100-280 nm)

Esta radiación es de alto contenido energético, por lo tanto poseen la longitud de onda más corta y a su vez son los más peligrosos. Es esencial para el curado o polimerización de las tintas y tratamientos U.V; de esta forma se garantiza una completa y rápida reacción, favoreciendo una polimerización superficial de la película.

1.2 Radiación U.V-B (280-315 nm)

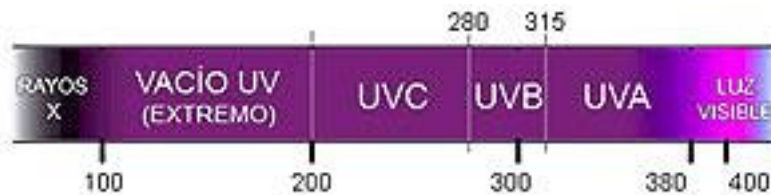
Representan el 10% de la radiación ultravioleta, esta clase contribuye a producir la misma reacción. Gracias a la mayor longitud de onda, esta radiación permite una penetración más profunda en la película.

1.3 Radiación U.V-A (315-380 nm)

Esta radiación representa el 90% de los rayos del sol, es la más cercana a la parte visible del espectro. Es la responsable de la estimulación de una respuesta de la piel a la luz solar en las personas (bronceado), y en el ámbito del curado U.V representa la causa del secado de la parte más profunda de la película de tinta o tratamiento.

De esta manera la radiación U.V se puede representar así:

Figura 1. Radiación U.V



Fuente: <http://www.lamparas-ultravioleta.com>

A diferencia de la luz infrarroja que es utilizada para producir calor, la radiación ultravioleta es empleada para iniciar un proceso foto-químico, es decir un “secado U.V” de tintas y tratamientos U.V. El espectro U.V está comprendido desde los 100 a los 380 nm; donde un proceso foto-químico necesita radiaciones que estén entre 180 y 380 nm.

Anexo C. Polimerización

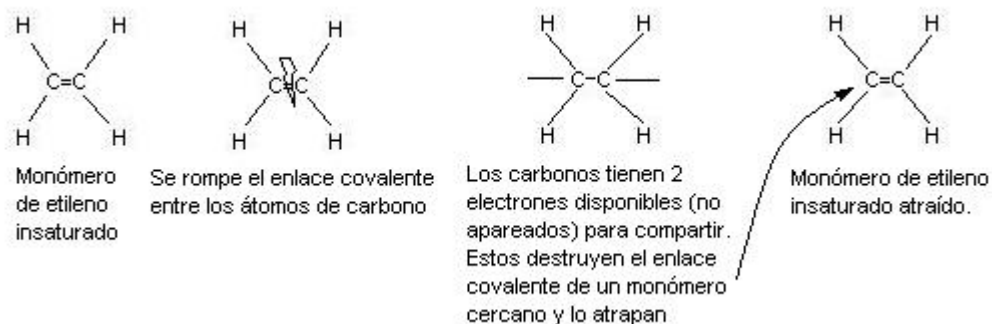
El proceso de construir una molécula polimérica, y por ende obtener un material plástico, se denomina polimerización. Se diferencian dos tipos de procesos de polimerización, de adición y de condensación.

1. POLIMERIZACIÓN POR ADICIÓN

En esta clase de polimerización los polímeros son sintetizados por la adición de monómeros insaturados a la cadena creciente. Un monómero insaturado es aquel que tiene un enlace covalente, o doble, entre sus átomos, estos enlaces covalentes son bastante reactivos y al ser eliminados permiten que el monómero se pueda acoplar con otros monómeros insaturados.

Por ejemplo, al monómero de etileno se le rompe el enlace covalente entre sus dos átomos de carbono dejando dos electrones desapareados. Esto atrae otro monómero de etileno, rompiéndole el enlace covalente y acoplándolo. Así puede continuar indefinidamente la reacción formando la cadena polimérica.

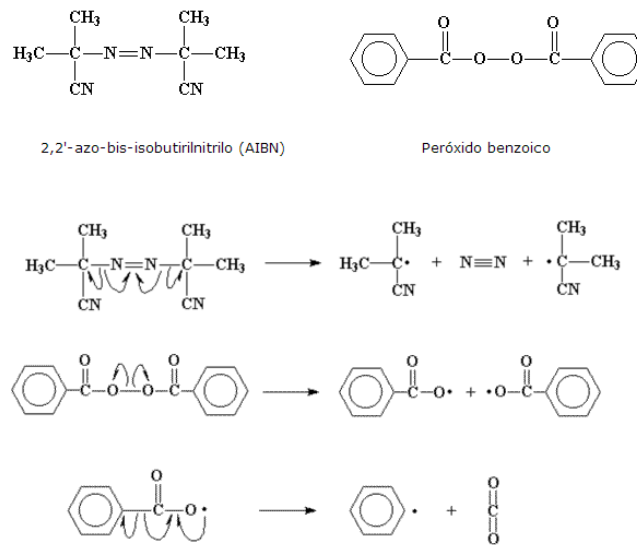
Figura 1. Cadena polimérica del etileno



Fuente: http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/unidad_1/polimerizacion.html

Obviamente, cuando se va a iniciar la reacción, el primer monómero no es capaz por sí solo de romper el enlace covalente, por lo que se utilizan *iniciadores*. Los iniciadores son moléculas que tienen la particularidad de romper por sí mismas uno de sus enlaces. Luego de haberse dividido tenemos dos fragmentos, denominados *fragmentos iniciadores*, cada uno con un electrón no apareado. Moléculas como estas son el peróxido benzoico y el 2,2'-azo-bis-isobutirilnitrilo (AIBN).

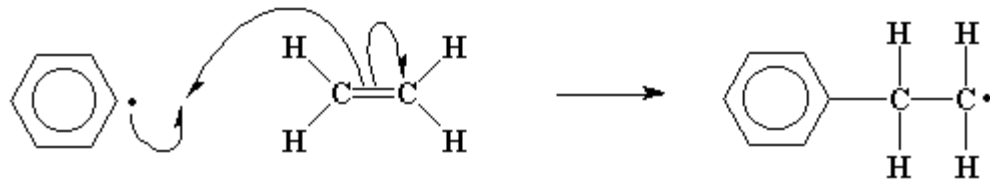
Figura 2. Reacción de polimerización



Fuente: http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/unidad_1/polimerizacion.html

Ahora recuérdese, estos electrones no apareados no estarán contentos con esta situación por lo que buscarán cualquier electrón con el fin de aparearse. Este electrón lo obtienen al romper el enlace covalente de un monómero, dejando a su vez a este monómero con un electrón desapareado que reacciona, de igual manera que el iniciador, con otro monómero propagándose la reacción de polimerización por adición.

Figura 3. Polimerización por adición



Fuente: http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/unidad_1/polimerizacion.html

1.1 Polimerización por radicales libres

Éste proceso comienza con una molécula llamada iniciadora, la cual posee la capacidad de fragmentarse. A estos fragmentos formados se les llaman radicales libres y poseen un electrón libre. Éstos electrones libres tratarán de aparearse de modo tal, que su configuración sea más estable, y por ello buscan a las moléculas monoméricas. A las moléculas iniciadoras que se activan por medio de la luz ultravioleta se les llaman fotoiniciadoras y son moléculas insaturadas que forman radicales libres muy fácilmente. Los electrones valentes no son reactivos cuando están apareados; sin embargo, un electrón desapareado siempre busca un segundo electrón. Un electrón libre es formado por fisión homolítica gracias a la suficiente cantidad de energía U.V absorbida por el fotoiniciador. Los radicales libres existen por un tiempo determinado y ellos deben encontrar los monómeros y oligómeros para reaccionar dentro de su periodo de vida.

Cuando un radical libre captura un electrón de un monómero o un oligómero, ese monómero o ese oligómero se convierte en parte del radical libre. Un electrón valente desapareado siempre se enlaza en una reacción por radical libre otra y otra vez, hasta que este forma un polímero; a esto se le denomina una reacción en cadena. De este modo, monómeros y oligómeros forman polímeros que contienen largas cadenas de moléculas.

La velocidad de formación de radicales libres y por ende la velocidad de curado, es proporcional a la intensidad de la radiación U.V y la concentración del fotoiniciador.

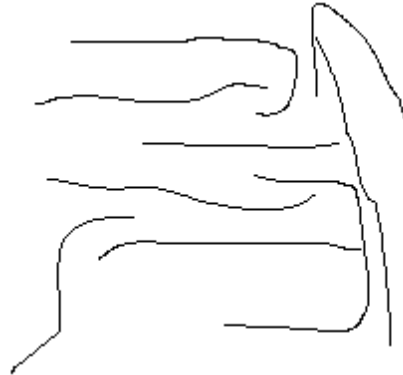
1.2 Polimerización catiónica

Los fotoiniciadores catiónicos son moléculas insaturadas que se rompen por fisión heterolítica bajo la acción de la radiación U.V para formar cationes y aniones. En la fisión heterolítica los fragmentos son diferentes. Los fragmentos catiónicos inician y mantienen el proceso de polimerización, mientras que los aniones no contribuyen mucho. Los cationes son por lo general, ácidos de Bronsted o ácidos de Lewis. Estos ácidos fuertes orgánicos son iones positivos que donan protones o reciben electrones. Los cationes también causan fisión para continuar hasta que todas las moléculas del fotoiniciador sean ionizadas. Por lo tanto una vez arrancada la polimerización esta tomará toda la superficie disponible de la película recubierta para lograrlo.

1.3 Entrecruzamiento

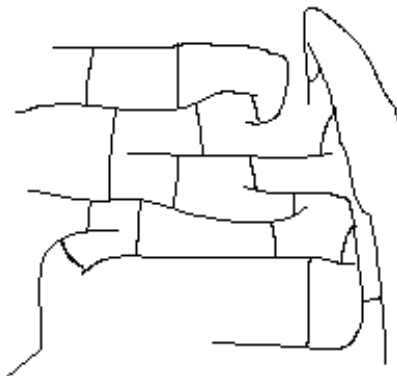
El entrecruzamiento puede resultar en la polimerización por radicales libres o en la polimerización catiónica. Esto ocurre como parte de la polimerización cuando se unen los oligómeros mediante grupos reactivos, como los dobles enlaces, que hacen que incremente su tamaño con el monómero adicional. El entrecruzamiento produce resistencia mecánica, al calor, a la deformación, al esfuerzo, y al deterioro. Las siguientes figuras ilustran las cadenas poliméricas con entrecruzamiento y sin entrecruzamiento.

Figura 4. Polímeros sin entrecruzamiento



Fuente: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1003/1/mauricodaizgomez.cesaraugustosaboya.2003.pdf>

Figura 5. Polímeros con entrecruzamiento



Fuente: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1003/1/mauricodaizgomez.cesaraugustosaboya.2003.pdf>

Anexo D. Reflexión

La reflexión es el cambio de dirección de una onda, que al estar en contacto con la superficie de separación entre dos medios cambiantes, regresa al punto donde se originó. Ejemplos comunes son la reflexión de la luz, el sonido y las ondas en el agua.

1. REFLEXIÓN DE LA LUZ

La luz es una manifestación de energía. Gracias a ella las imágenes pueden ser reflejadas en un espejo, en la superficie del agua o un piso muy brillante. Esto se debe a un fenómeno llamado reflexión de la luz. La reflexión ocurre cuando los rayos de luz que inciden en una superficie chocan en ella, se desvían y regresan al medio que salieron formando un ángulo igual al de la luz incidente, muy distinta a la refracción.

Es el cambio de dirección, en el mismo medio, que experimenta un rayo luminoso al incidir oblicuamente sobre una superficie. Para este caso las leyes de la reflexión son las siguientes:

- **1a. ley:** El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal, se encuentran en un mismo plano.
- **2a. ley:** El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

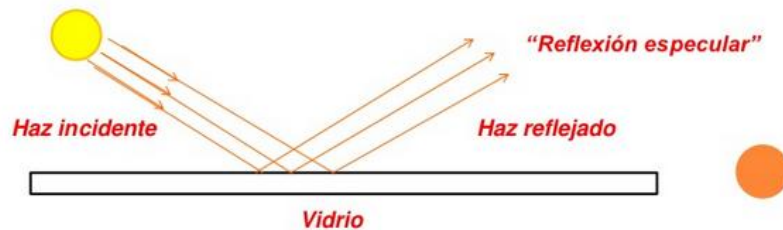
1.1 Reflexión de la luz un superficies planas

La Óptica Geométrica es una parte de la Física que incorpora un concepto denominado rayo luminoso. Este rayo luminoso es la dirección en que se propaga la energía luminosa, y se considera como si fuese una línea recta geométrica. En

la práctica, solamente nos acercamos a este concepto ideal cuando estrechamos un haz de luz lo suficiente para que su grosor sea despreciable. El rayo, cuando encuentra una superficie reflectante, como un espejo plano, sufre un cambio en su trayectoria, o también la experimenta cuando pasa de un medio material a otro diferente. La Óptica Geométrica se ocupa de buscar las leyes que rigen los cambios de trayectoria de los rayos luminosos. Cuando el rayo luminoso encuentra un medio reflectante y cambia de dirección continuando su propagación en el mismo medio material, el fenómeno se denomina genéricamente reflexión de la luz.

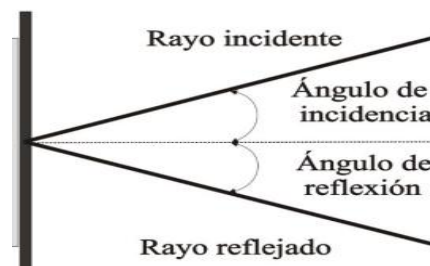
De esta manera tenemos que la luz que incide sobre una superficie plana se comporta como muestra la siguiente imagen:

Figura 1. Incidencia y reflexión de la luz



Fuente: <http://www.slideshare.net/troncosofarias/clase-de-luz-reflexin-y-espejos>
Y su forma geométrica para una superficie plana se muestra a continuación:

Figura 2. Geometría de reflexión

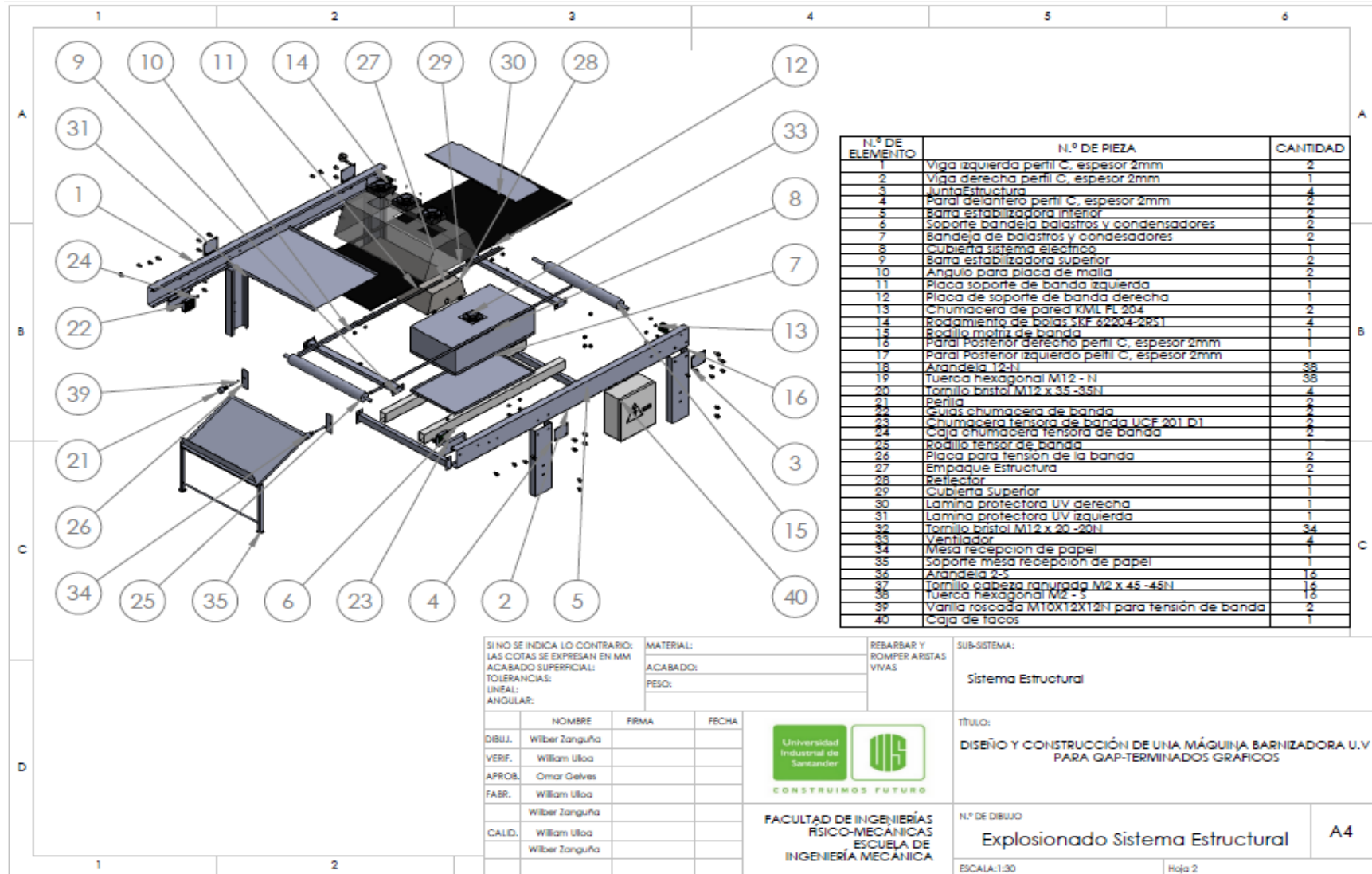


Fuente: <http://www.heurema.com/PDF/PDF36-Reflex1/PDF36-%20Reflex1.pdf>
Donde el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

Anexo E. Planos De Máquina Barnizadora UV

1	2	3	4	5	6
A					A
B					B
C					C
D					D
1	2				

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	MATERIAL: ACABADO: PESO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Máquina Barnizadora U.V																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 40%;">NOMBRE</th> <th style="width: 20%;">FIRMA</th> <th style="width: 30%;">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>Wilber Zanguña</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>William Ulloa</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>Omar Galves</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>William Ulloa</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wilber Zanguña</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td>William Ulloa</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wilber Zanguña</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	Wilber Zanguña			VERIF.	William Ulloa			APROB.	Omar Galves			FABR.	William Ulloa				Wilber Zanguña			CALID.	William Ulloa				Wilber Zanguña			CONSTRUIMOS FUTURO		TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRAFICOS
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																																
DIBUJ.	Wilber Zanguña																																		
VERIF.	William Ulloa																																		
APROB.	Omar Galves																																		
FABR.	William Ulloa																																		
	Wilber Zanguña																																		
CALID.	William Ulloa																																		
	Wilber Zanguña																																		
		FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	N.º DE DIBUJO Máquina Barnizadora U.V																																
		ESCALA: 1:14	HOJA 1																																



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Viga izquierda perfil C, espesor 2mm	2
2	Viga derecha perfil C, espesor 2mm	1
3	Junta Estructura	4
4	Paral delantero perfil C, espesor 2mm	2
5	Barra estabilizadora inferior	2
6	Soporte bandeja balastos y condensadores	2
7	Bandeja de balastos y condensadores	2
8	Cubierta sistema eléctrico	1
9	Barra estabilizadora superior	2
10	Anchura para placa de malla	2
11	Placa soporte de banda izquierda	1
12	Placa de soporte de banda derecha	1
13	Chumacera de pared KML PL 204	2
14	Rodamiento de bolas SKF 32204-2RS1	4
15	Rodillo matriz de banda	1
16	Paral posterior derecho perfil C, espesor 2mm	1
17	Paral posterior izquierdo perfil C, espesor 2mm	1
18	Arandela 12-N	38
19	Tuerca hexagonal M12 - N	38
20	Tornillo Bristol M12 x 35 -35H	4
21	Perilla	2
22	Cevijas chumacera de banda	2
23	Chumacera tensora de banda UCF 201 D1	2
24	Caja chumacera tensora de banda	2
25	Rodillo tensor de banda	1
26	Placa para tensión de la banda	2
27	Empaque Estructura	2
28	Reflector	1
29	Cubierta Superior	1
30	Lamina protectora UV derecha	1
31	Lamina protectora UV izquierda	1
32	Tornillo Bristol M12 x 20 -20H	34
33	Ventilador	4
34	Mesa recepción de papel	1
35	Soporte mesa recepción de papel	1
36	Arandela 2-x	16
37	Tornillo cabeza ranurada M2 x 45 -45H	16
38	Tuerca hexagonal M2 - 5	16
39	Vania roscada M10X12X12N para tensión de banda	2
40	Caja de tacos	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

	NOMBRE	FRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zangüña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Galves		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zangüña		
CALID.	William Ulloa		
	Wilber Zangüña		

MATERIAL:
 ACABADO:
 PESO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

SUB-SISTEMA:
Sistema Estructural

CONSTRUIMOS FUTURO

 FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS

 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO:
DISÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS

N.º DE DIBUJO
Explosionado Sistema Estructural **A4**

ESCALA:1:30 Hoja 2

1	2	3	4	5	6	
A						A
B						B
C						C
D						D

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Placa de rodillos	1
2	Varilla estabilizadora superior	2
3	Chumacera tensora UCT201D	4
4	Rodamiento	6
5	Rodillo de nitrilo	2
6	Piñon paso 40 de 15 dientes	5
8	Rodillo de acero	1
9	Angulo tensión limpiador	1
10	Angulo soporte tabla ingreso de hojas derecho	1
11	Angulo soporte tabla ingreso de hojas izquierdo	1
12	Mesa ingreso papel	1
13	Angulo recipiente barniz derecho	1
14	Angulo recipiente barniz izquierdo	1
15	Varilla estabilizadora inferior	2
16	Angulo tensión chumacera	2
17	Recipiente dosificador de barniz	1
18	Llave de paso	1
19	Recipiente recolector barniz	1
20	Limpiador	1
21	Lamina limpiador	1
22	Tornillo Bristol M12 x 35 -35H	9
23	Arandela 12-N	9
24	Tuerca hexagonal M12 - N	9
25	Tornillo Bristol M6 x 25 -25H	24
26	Arandela 6-N	24
27	Tuerca hexagonal M6 - N	16
28	Varilla roscada chumacera inferior M10x17-17H	2
29	Arandela - 16H	20
30	Tuerca hexagonal M16 - N	17
31	Varilla roscada chumacera superior M10x15-15H	2
32	Varilla roscada tensión limpiador M10x10-10H	2
33	Perillas	6
34	Resorte	6
35	Eje piñon tensor	2
36	Tornillo cabeza hexagonal M16 x 45- 45H	2
37	Angulo union placa rodillos	4
45	Chumacera de pared	2
46	Cadena de rodillos izquierda paso 40	1
47	Cadena de rodillos derecha paso 40	1
48	Piñon tensor paso 40 de 9 dientes	1
49	Cubierta transmisión izquierda	1
50	Cubierta transmisión derecha	1

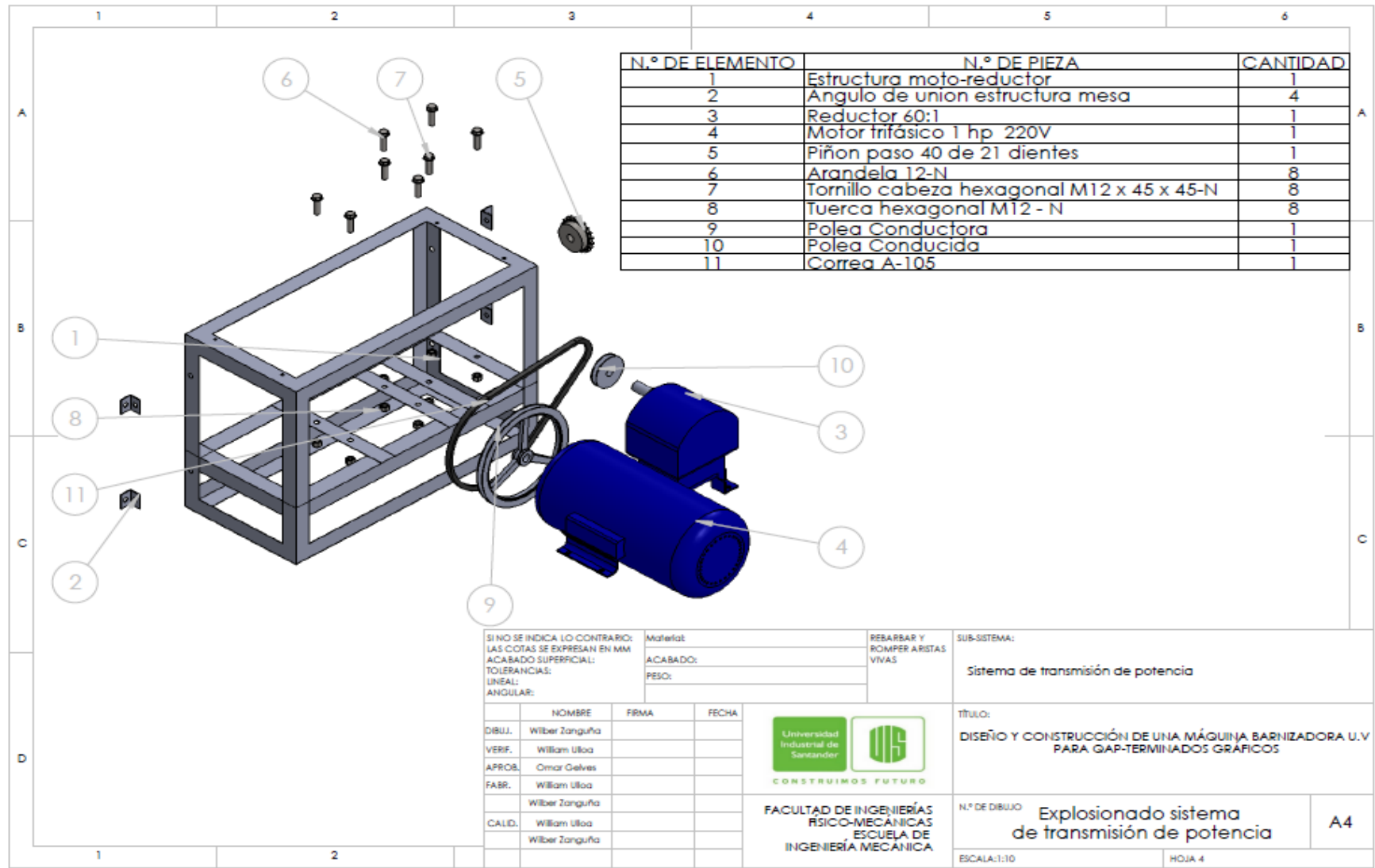
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	MATERIAL: ACABADO: PESO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS
SUB-SISTEMA: Sistema aplicación de barniz		
TÍTULO: DESEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS		
N.º DE DIBUJO Explosionado sistema aplicación de barniz		A4
ESCALA:1:17		HOJA 3

NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ. Wilber Zanguña		
VERIF. William Ulloa		
APROB. Omar Galves		
FABR. William Ulloa		
Wilber Zanguña		
CALID. William Ulloa		
Wilber Zanguña		

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CONSTRUYAMOS FUTURO



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Estructura moto-reductor	1
2	Angulo de union estructura mesa	4
3	Reductor 60:1	1
4	Motor trifásico 1 hp 220V	1
5	Piñon paso 40 de 21 dientes	1
6	Arandela 12-N	8
7	Tornillo cabeza hexagonal M12 x 45 x 45-N	8
8	Tuerca hexagonal M12 - N	8
9	Polea Conductora	1
10	Polea Conducida	1
11	Correa A-105	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

Materia: _____
 ACABADO: _____
 PESO: _____

RESBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

SUB-SISTEMA:
 Sistema de transmisión de potencia

	NOMBRE	FRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelves		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALD.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		



 CONSTRUIAMOS FUTURO
 FACULTAD DE INGENIERÍAS
 FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE
 INGENIERÍA MECÁNICA

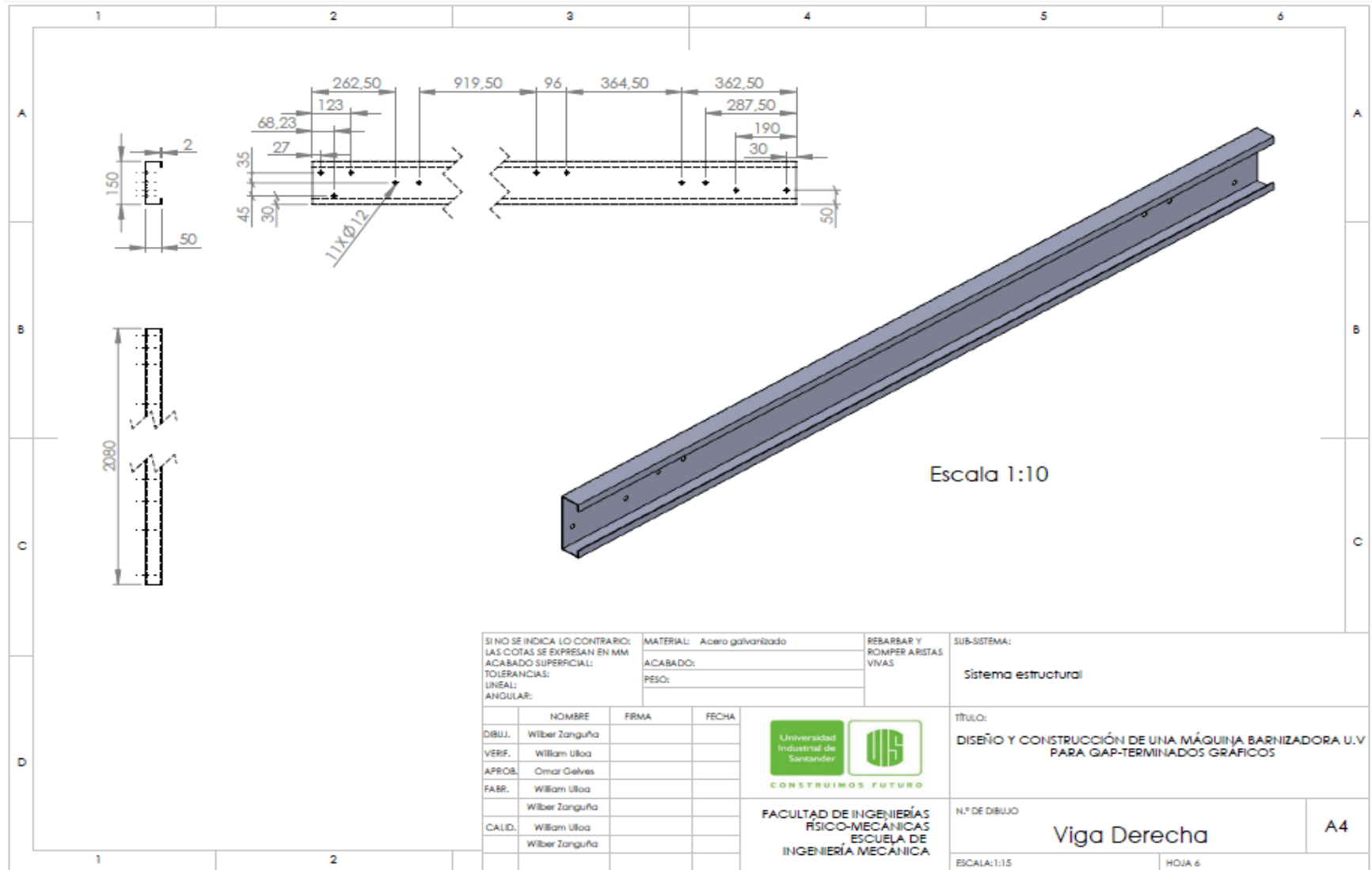
TÍTULO:
 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V
 PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS

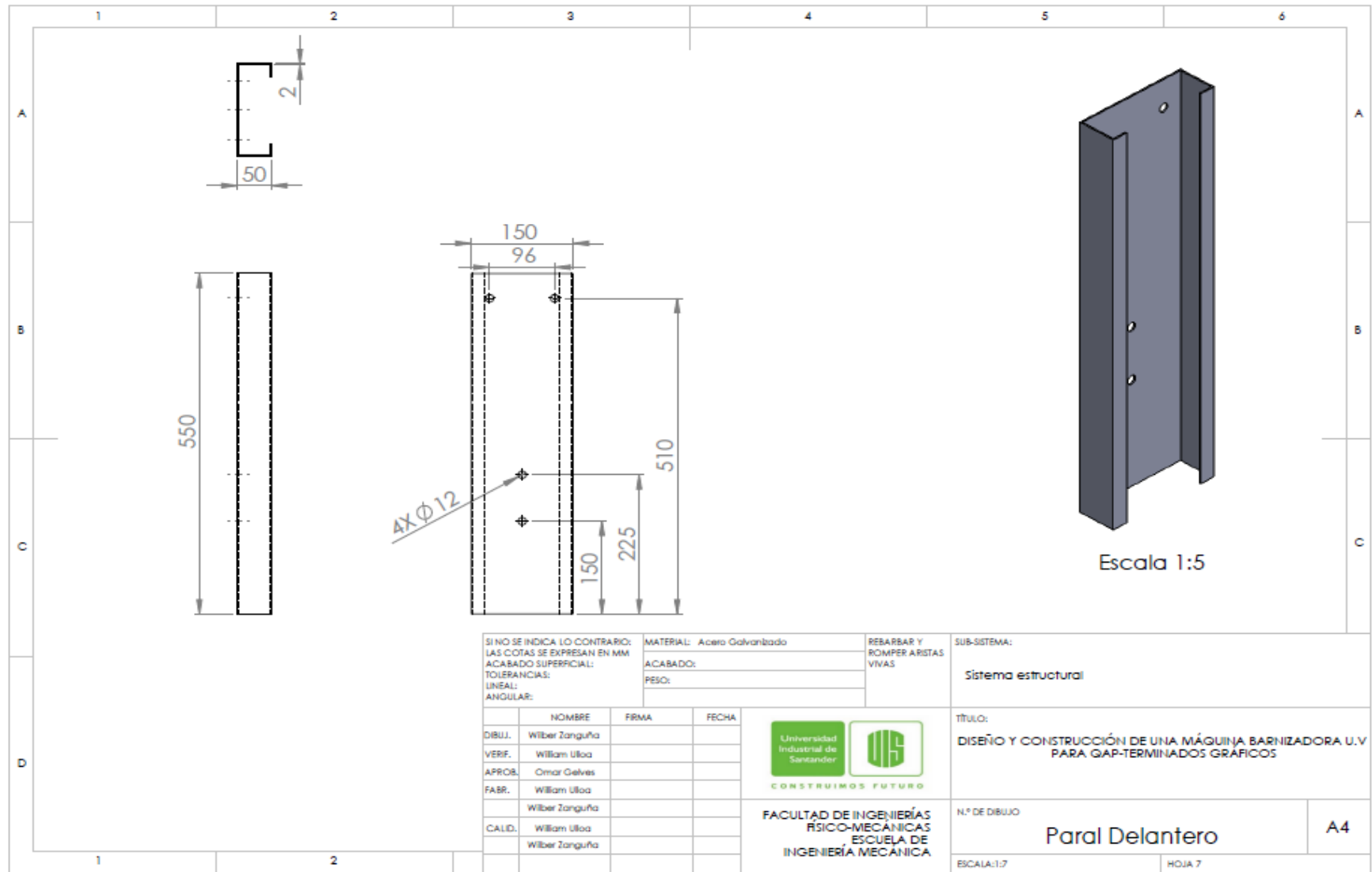
Nº DE DIBUJO: **Explosionado sistema de transmisión de potencia**

ESCALA: 1:10

HOJA 4

A4





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

MATERIAL: Acero Galvanizado
 ACABADO:
 PESO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

SUB-SISTEMA:
Sistema estructural

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelves		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALID.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		

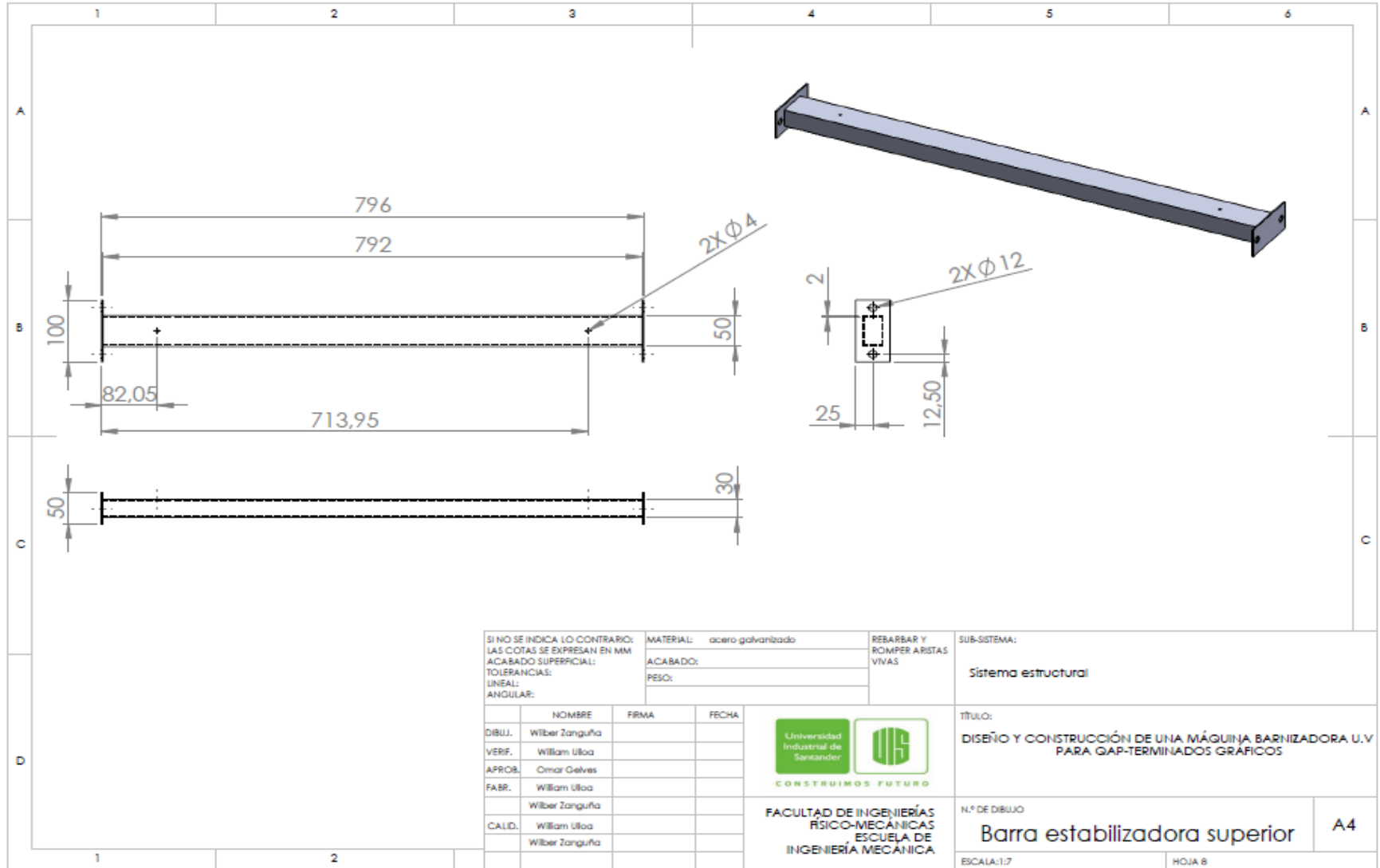


 CONSTRUIMOS FUTURO
 FACULTAD DE INGENIERÍAS
 FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE
 INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS

N.º DE DIBUJO
Paral Delantero A4

ESCALA: 1:7 HOJA 7



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM	MATERIAL: acero galvanizado	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS
ACABADO SUPERFICIAL:	ACABADO:	
TOLERANCIAS:	PESO:	
LINEAL:		
ANGULAR:		

SUB-SISTEMA: Sistema estructural

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelves		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALD.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		

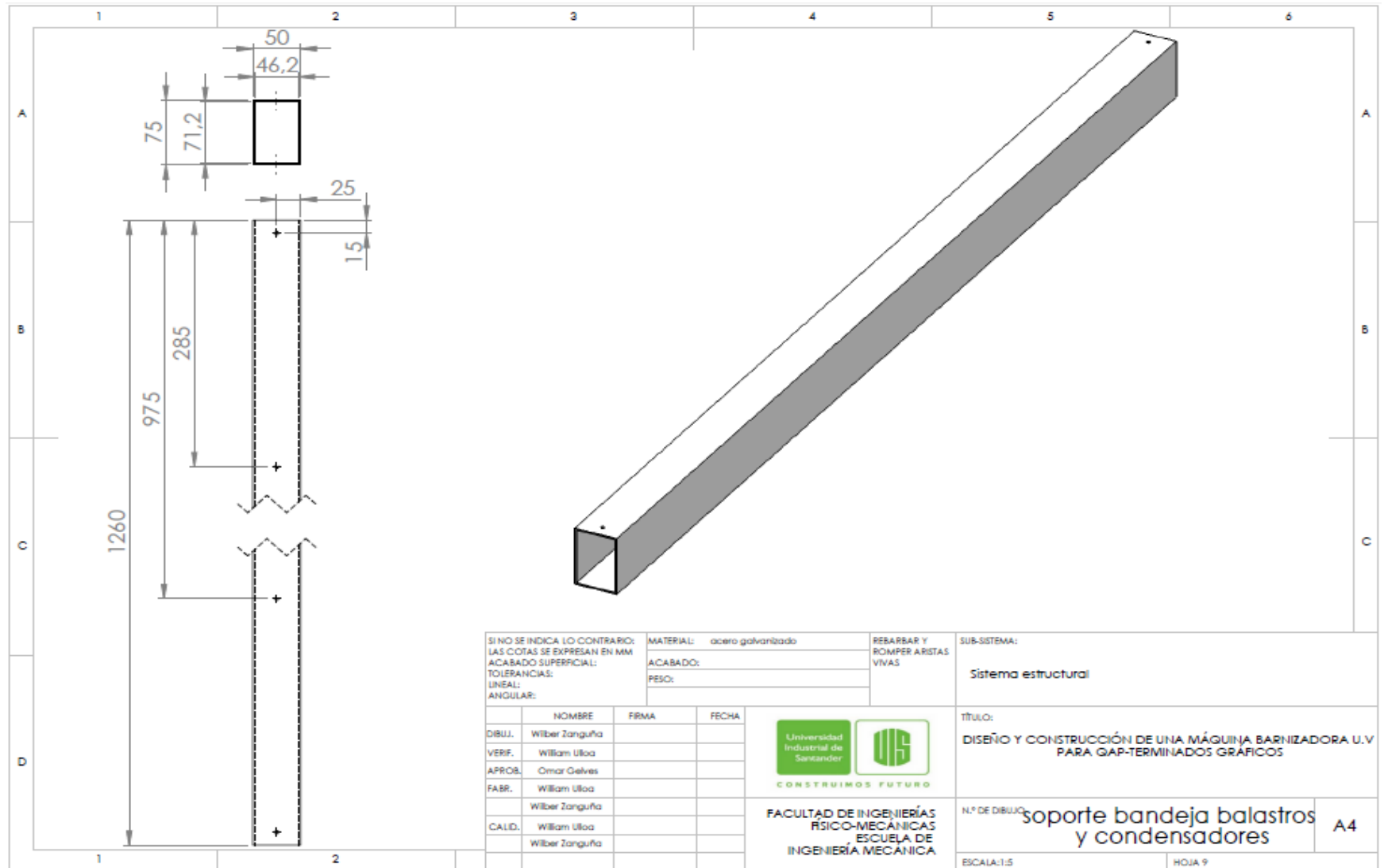



CONSTRUIMOS FUTURO

FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS
N.º DE DIBUJO Barra estabilizadora superior
ESCALA: 1:7
HOJA 8

A4



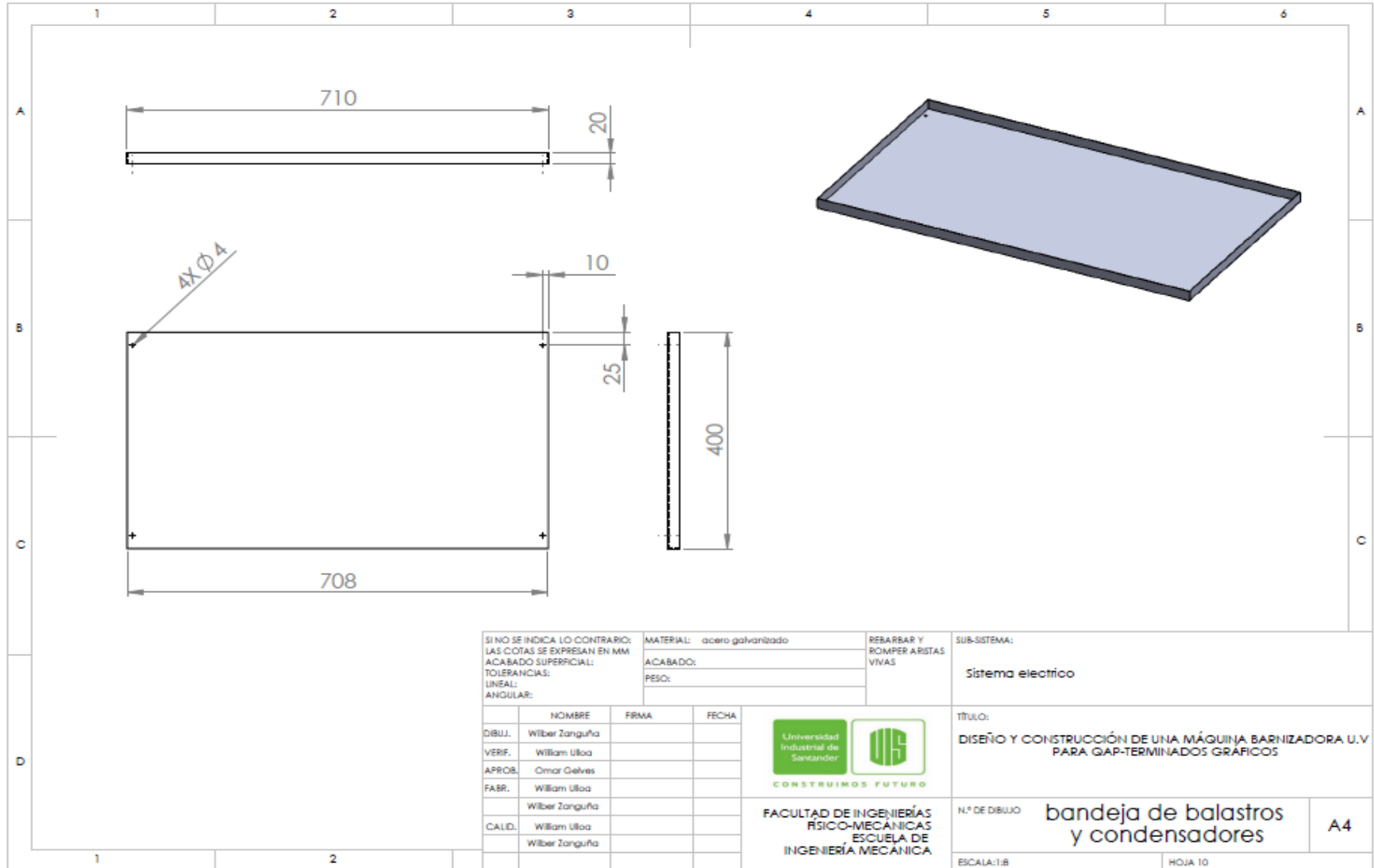
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			MATERIAL: acero galvanizado	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema estructural
			ACABADO:		
			PESO:		
			TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS		
			N.º DE DIBUJO: soporte bandeja balastros y condensadores		
			ESCALA: 1:5		
			HOJA 9		

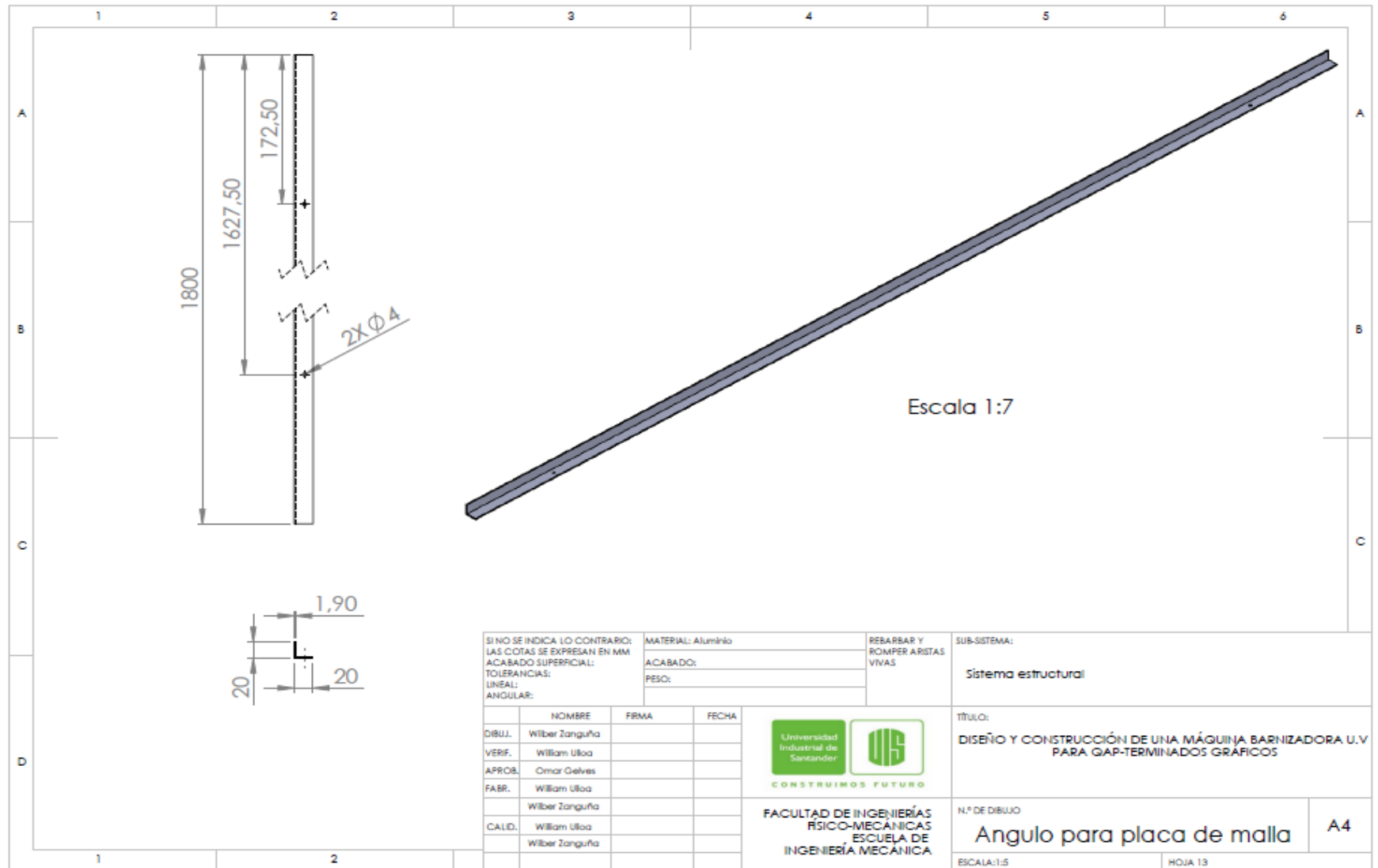
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelves		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALD.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		



CONSTRUIMOS FUTURO
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

A4





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

MATERIAL: Aluminio
 ACABADO:
 PESO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

SUB-SISTEMA:
 Sistema estructural

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelves		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALID.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		



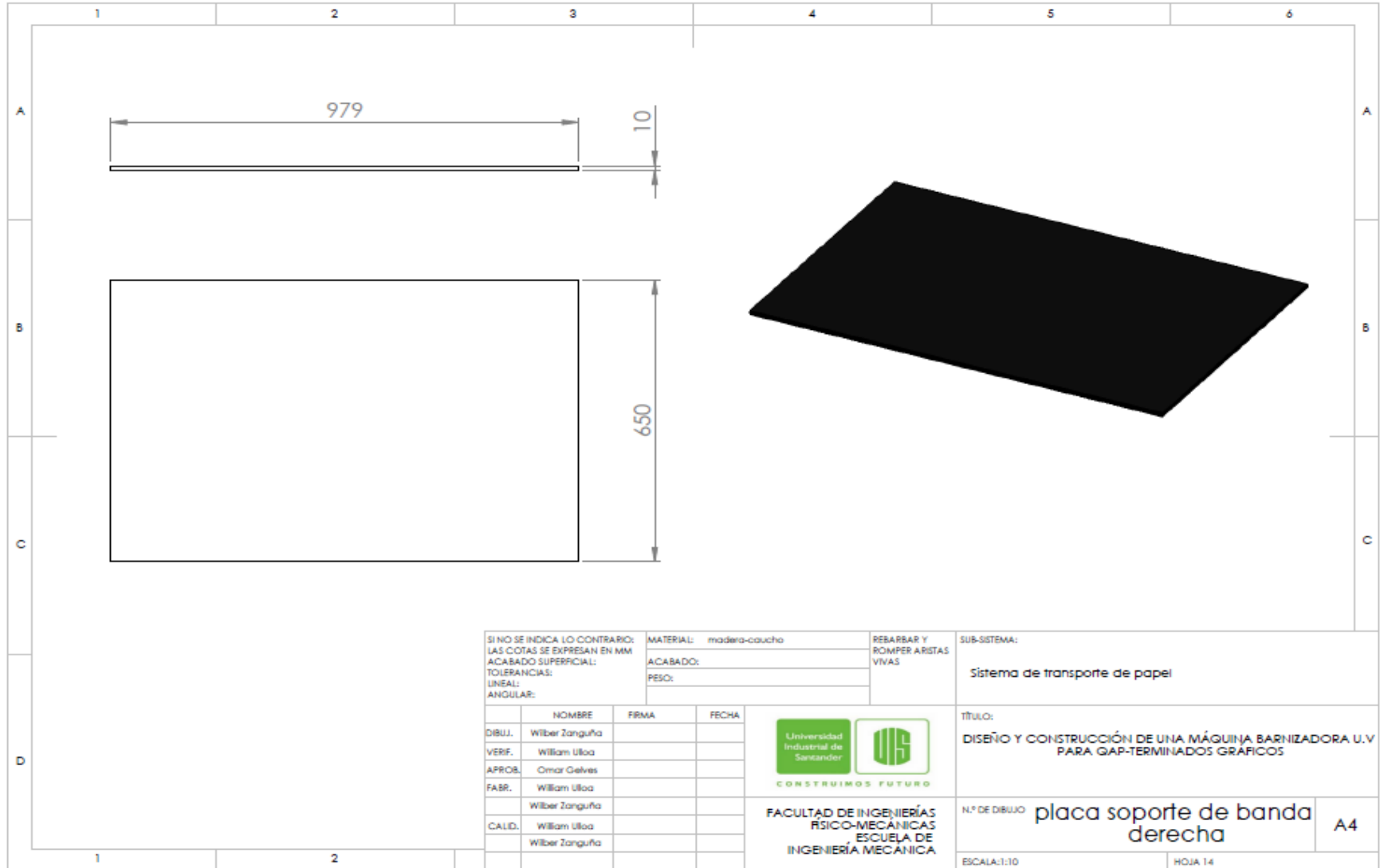
 CONSTRUIMOS FUTURO
 FACULTAD DE INGENIERÍAS
 FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE
 INGENIERÍA MECÁNICA


TÍTULO:
 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V
 PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS

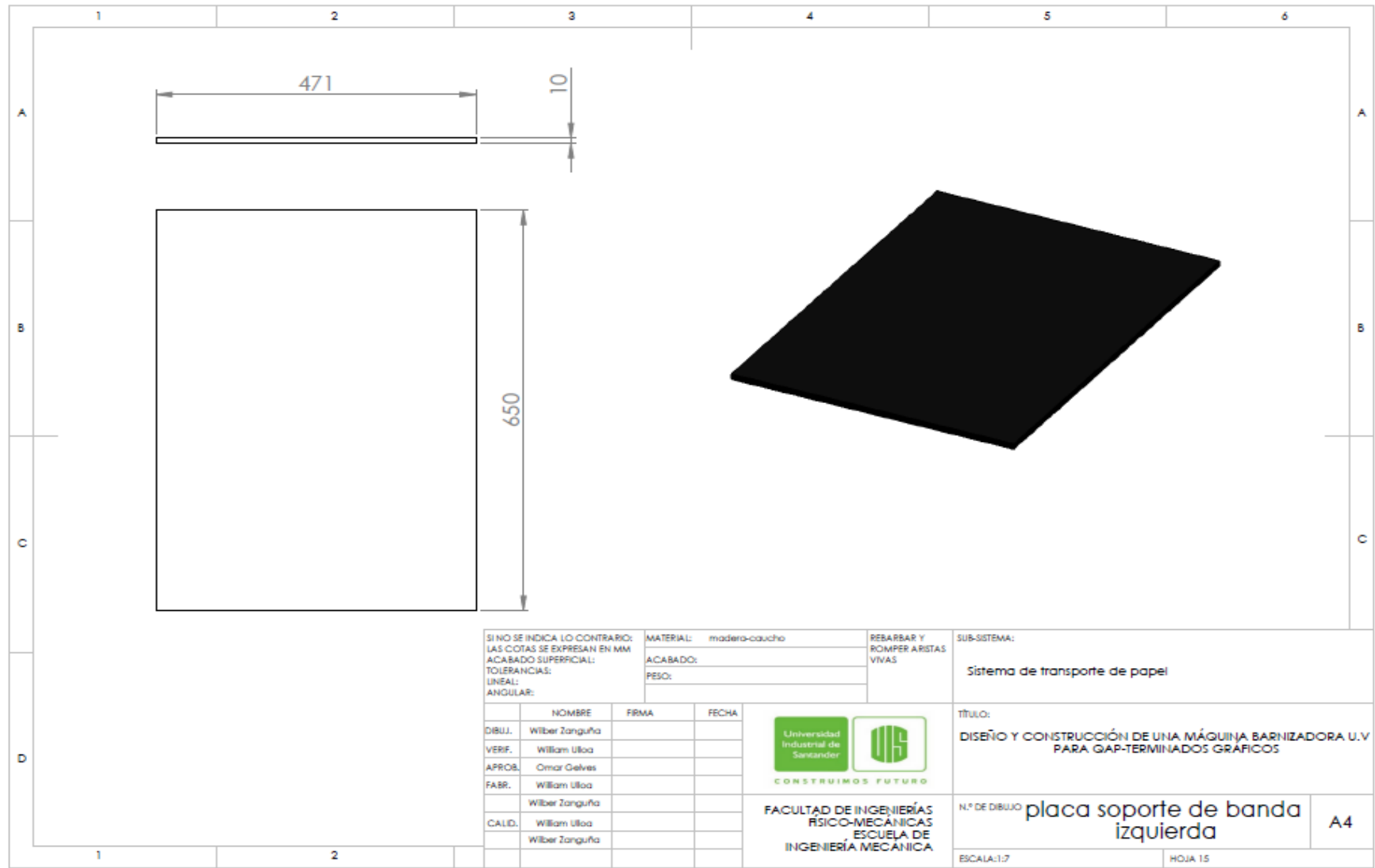
N.º DE DIBUJO
 Angulo para placa de malla

A4

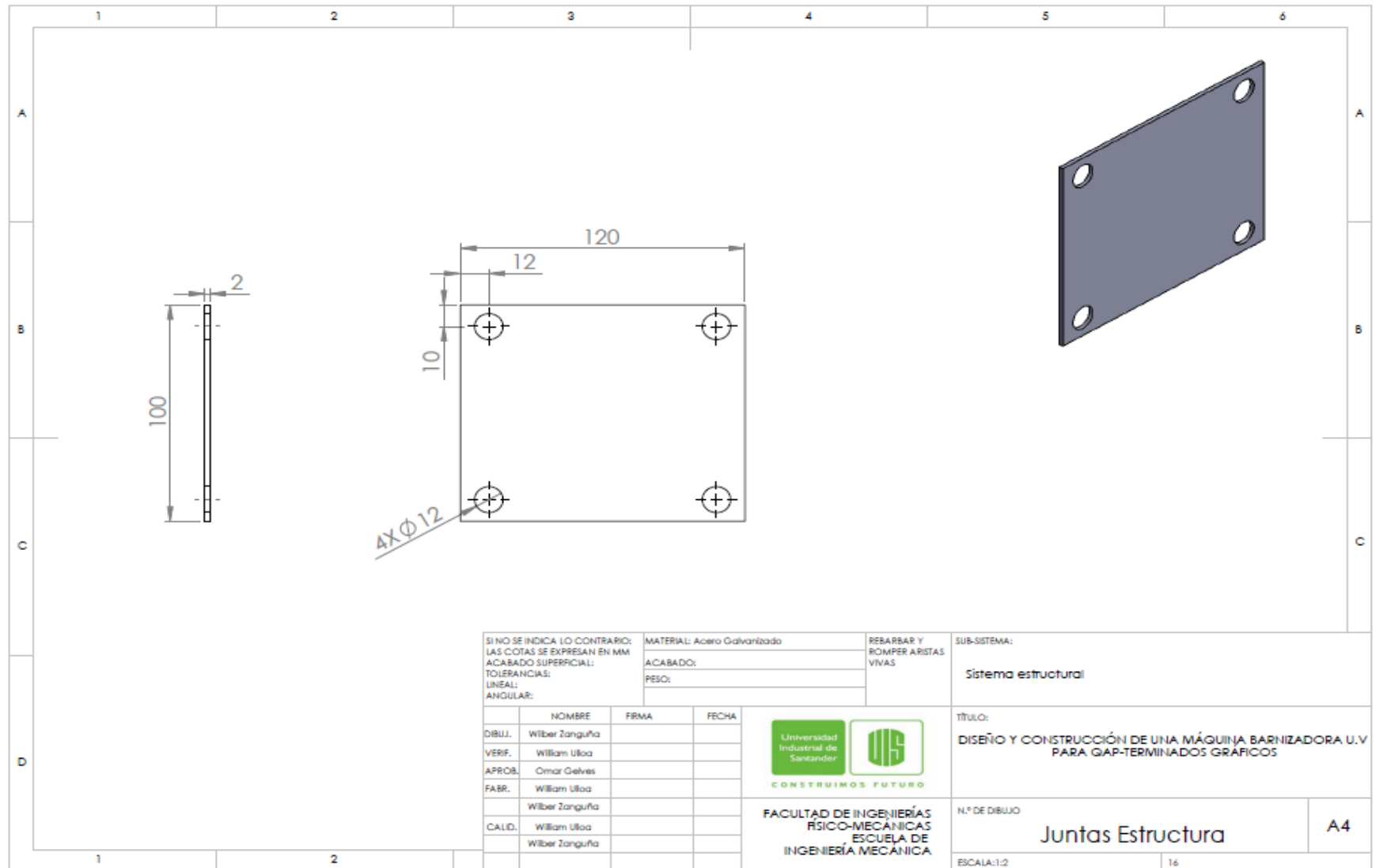
ESCALA:1:5 HOJA 13




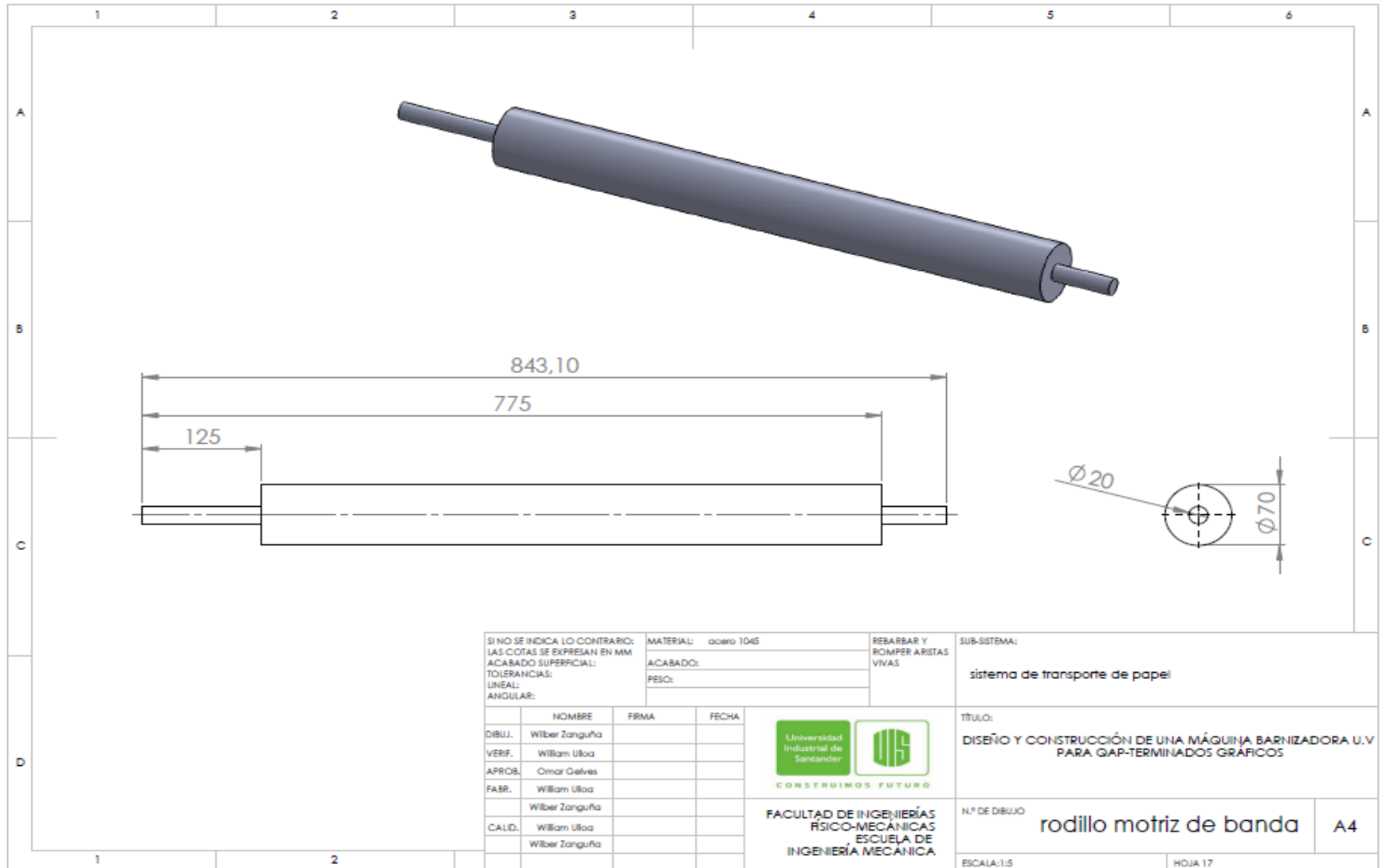
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		MATERIAL: madera-caucho	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema de transporte de papel
		ACABADO:		
		PESO:		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS
DIBUJ.	Wilber Zanguña			
VERIF.	William Ulloa			
APROB.	Omar Gelvas			
FABR.	William Ulloa			
	Wilber Zanguña			
CALD.	William Ulloa			N.º DE DIBUJO placa soporte de banda derecha
	Wilber Zanguña			
		 FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		ESCALA: 1:10
				HOJA 14



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			MATERIAL: madera-caucho	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema de transporte de papel
			ACABADO:		
			PESO:		
	NOMBRE	FRMA	FECHA	 TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS	
DIBUJ.	Wilber Zanguña				
VERIF.	William Ulloa				
APROB.	Omar Gelvas				
FABR.	William Ulloa				
	Wilber Zanguña			N° DE DIBUJO placa soporte de banda izquierda A4	
CALD.	Wilber Zanguña				
				FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLEBIANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			MATERIAL: Acero Galvanizado	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema estructural
			ACABADO:		
			PESO:		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	 FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
DIBUJ.	Wilber Zanguña				
VERIF.	William Ulioa				
APROB.	Omar Gelves				
FABR.	William Ulioa				
	Wilber Zanguña			TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRAFICOS	
CALID.	William Ulioa			N.º DE DIBUJO Juntas Estructura	
	Wilber Zanguña			ESCALA:1:2	
				16	
				A4	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

MATERIAL: acero 1045
 ACABADO:
 PESO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

SUB-SISTEMA:
 sistema de transporte de papel

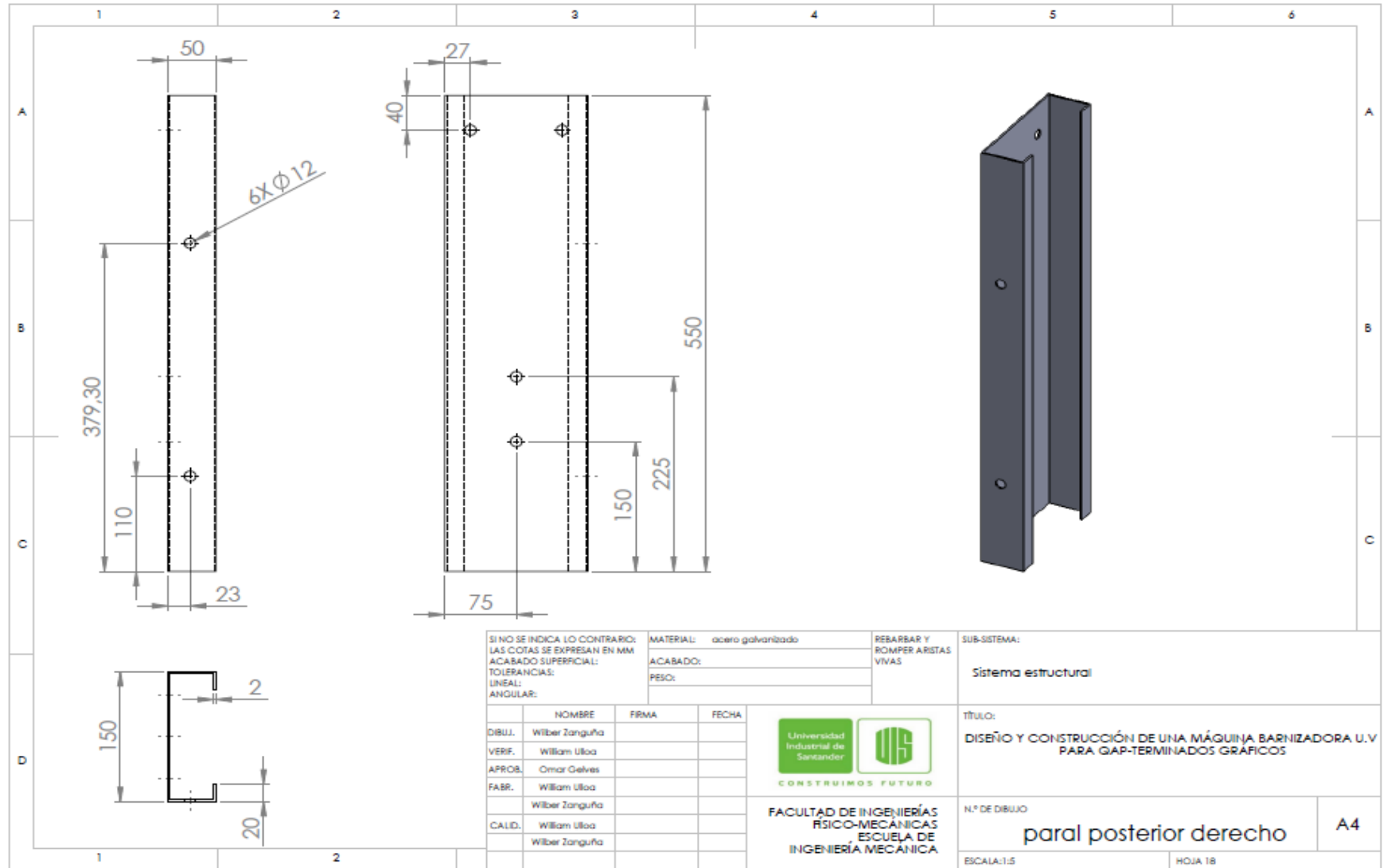
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelves		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALD.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		



FACULTAD DE INGENIERÍAS
 FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE
 INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO:
 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V
 PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS

N.º DE DIBUJO
rodillo motriz de banda **A4**
 ESCALA: 1:5 HOJA 17



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS CORTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

MATERIAL: acero galvanizado
 ACABADO:
 PESO:
 REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

SUB-SISTEMA:
 Sistema estructural

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelvez		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALD.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		



 CONSTRUIAMOS FUTURO
 FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

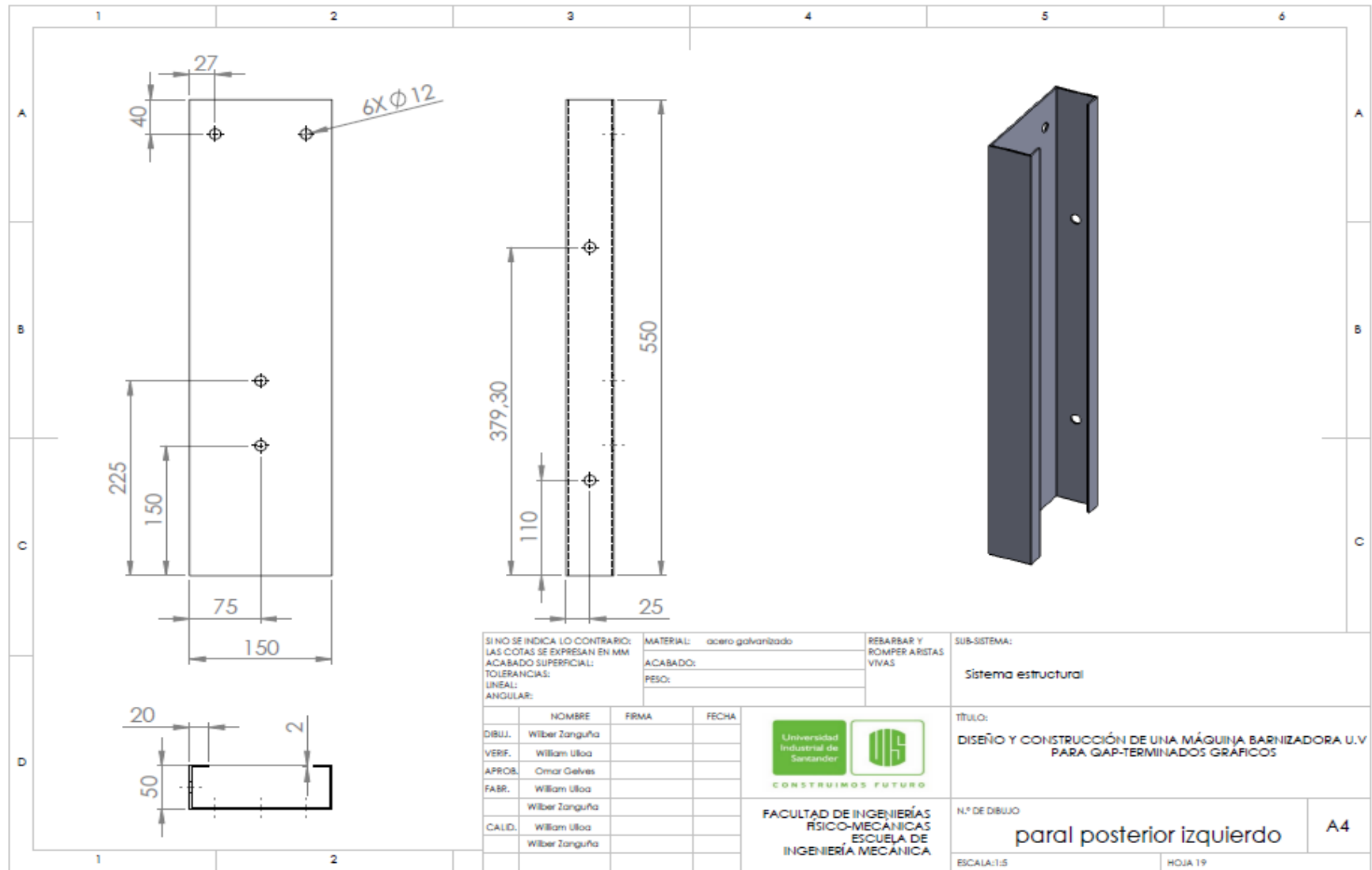
TÍTULO:
 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS

N.º DE DIBUJO
 paral posterior derecho

ESCALA: 1:5

HOJA 18

A4



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Galves		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALID.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		

MATERIAL: acero galvanizado
 ACABADO:
 PESO:
 REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

SUB-SISTEMA:
 Sistema estructural

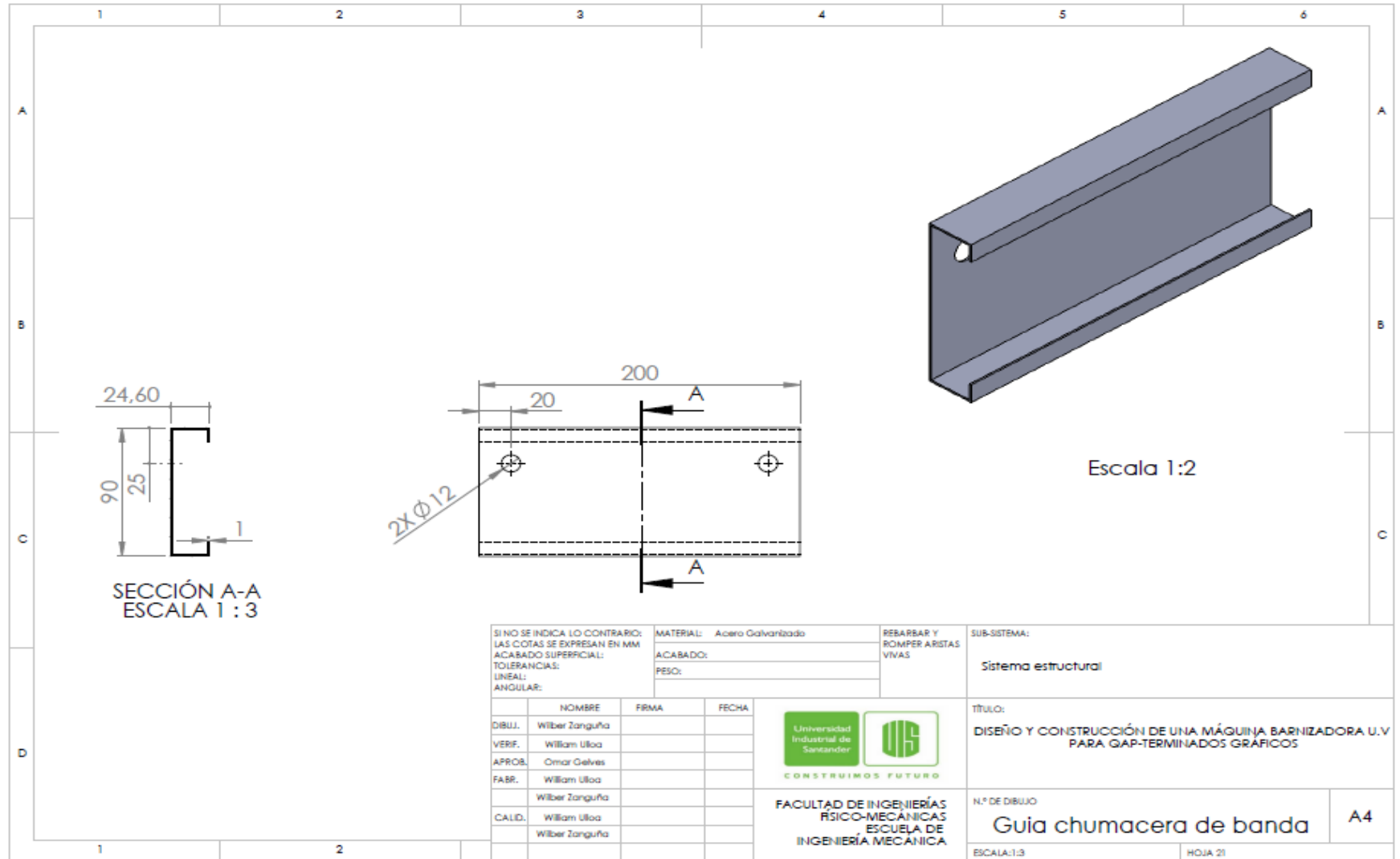


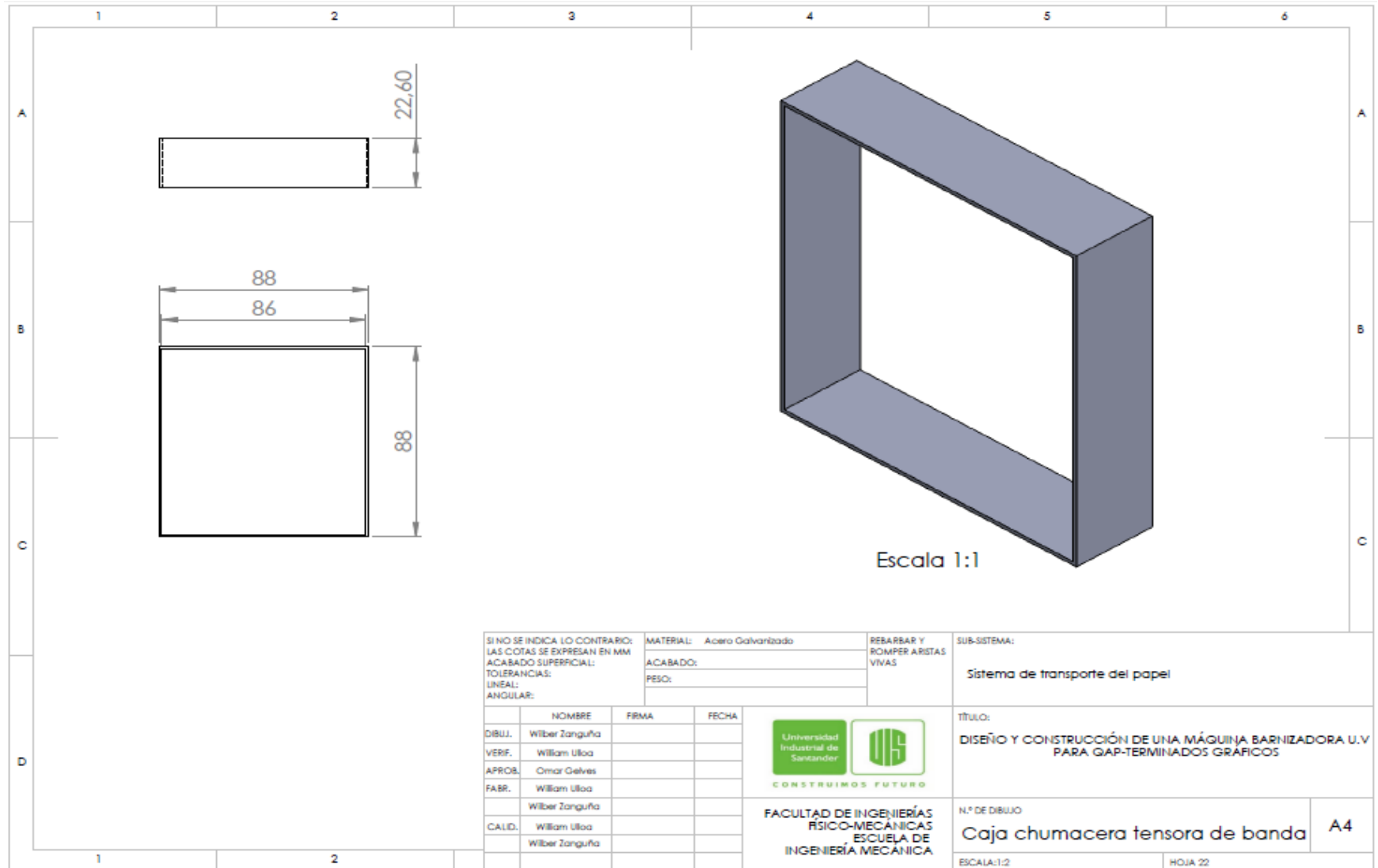
FACULTAD DE INGENIERÍAS
 FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO:
 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRAFICOS

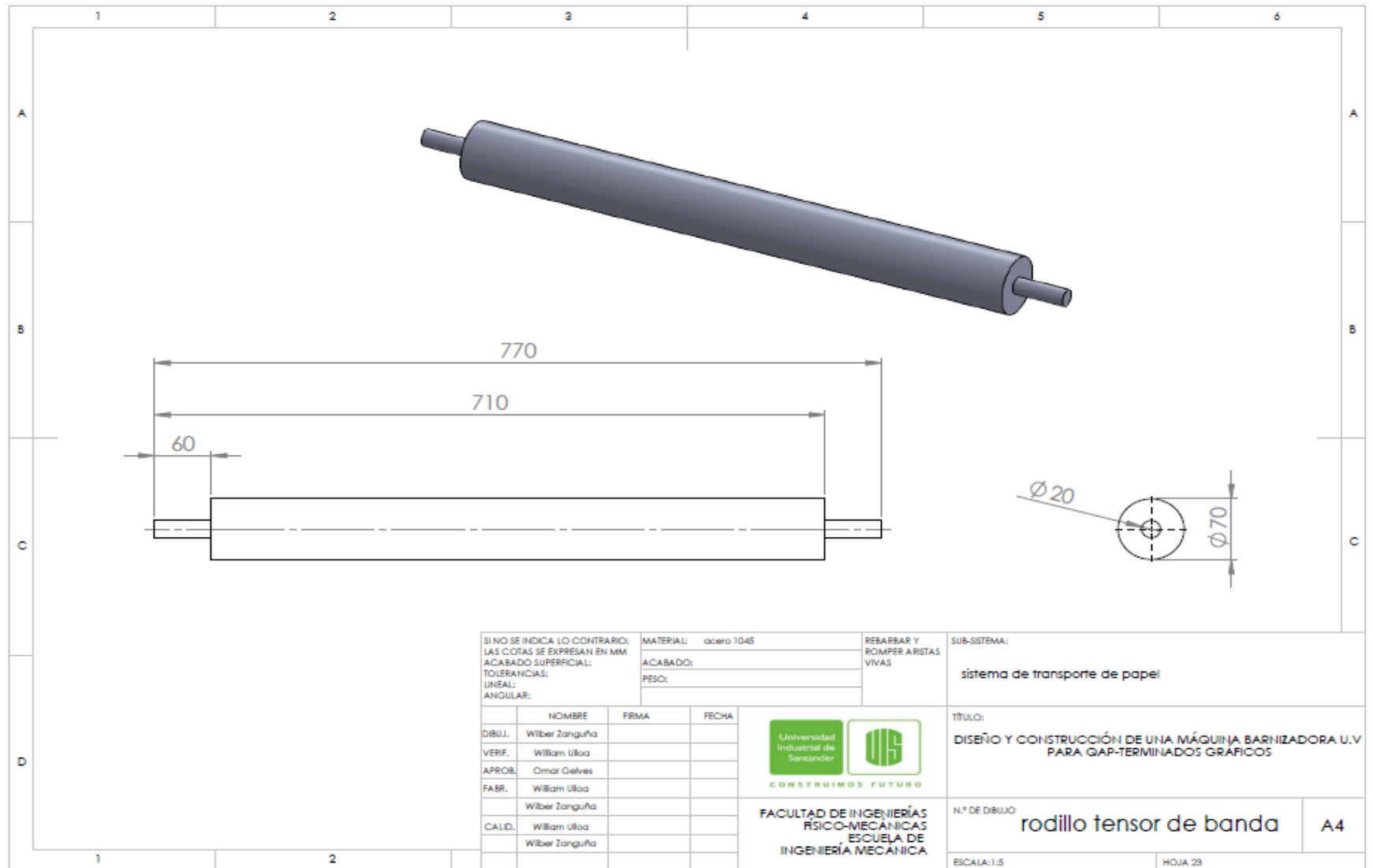
N.º DE DIBUJO
paral posterior izquierdo
 ESCALA: 1:5
 HOJA 19

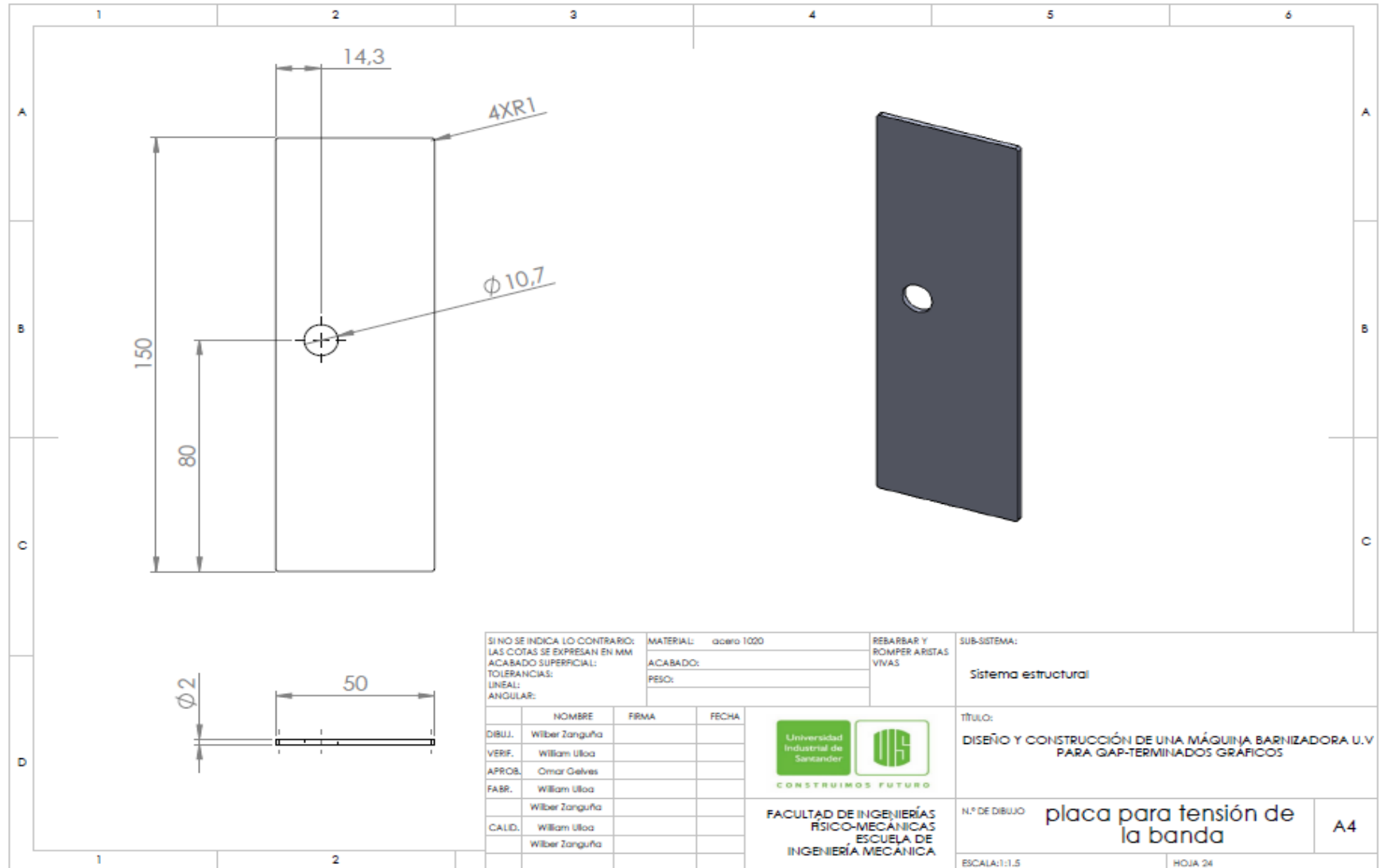
A4




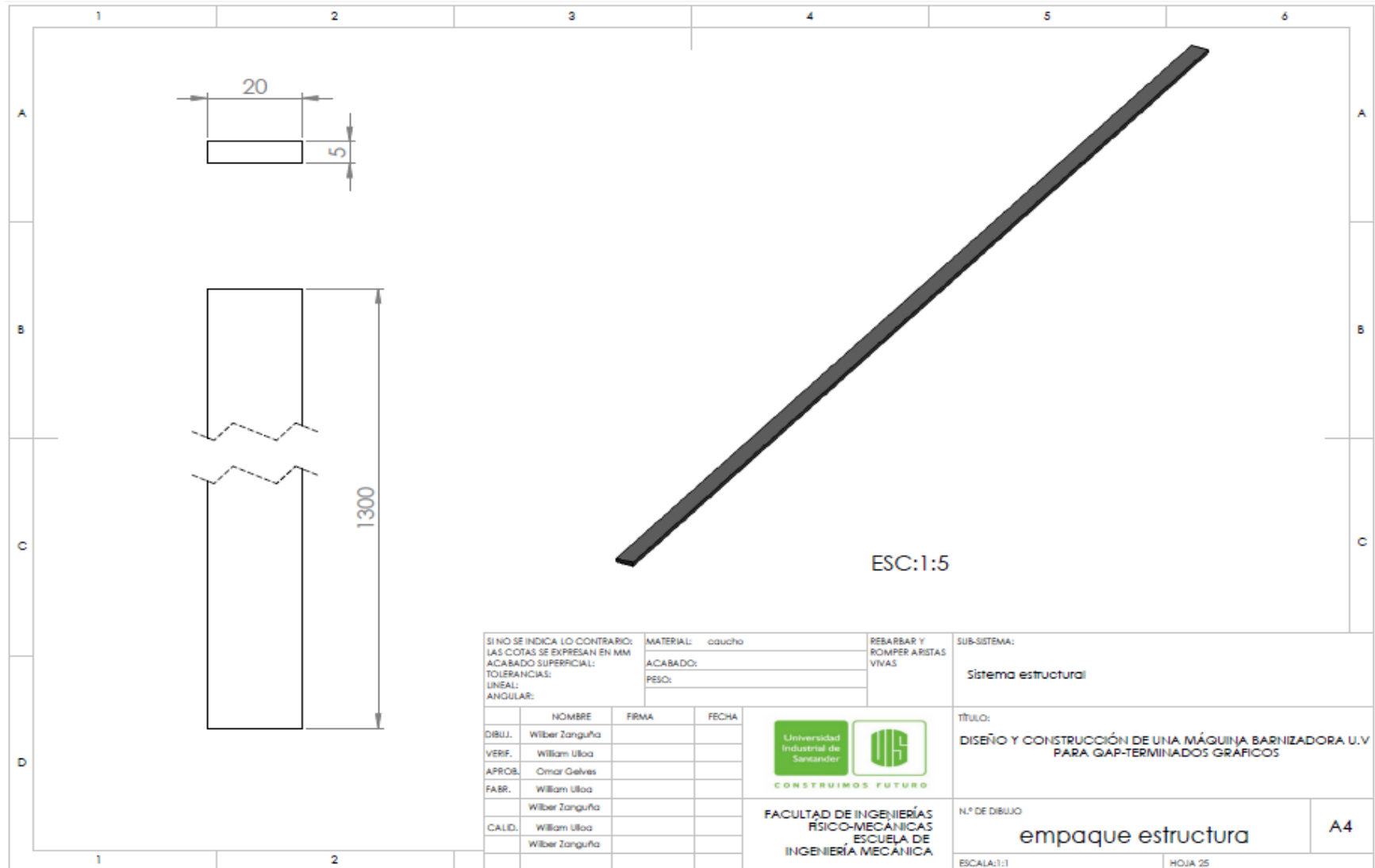


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			MATERIAL: Acero Galvanizado	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema de transporte del papel
			ACABADO:		TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS
			PESO:		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	 FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
DIBUJ.	Wilber Zanguña				
VERIF.	William Ulloa				
APROB.	Omar Gelves				
FABR.	William Ulloa				
	Wilber Zanguña			N.º DE DIBUJO Caja chumacera tensora de banda	A4
CALD.	William Ulloa			ESCALA:1:2	HOJA 22
	Wilber Zanguña				





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			MATERIAL: acero 1020	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema estructural																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>Wilber Zanguña</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>William Ulloa</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>Omar Gelves</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>William Ulloa</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wilber Zanguña</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td>William Ulloa</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wilber Zanguña</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	Wilber Zanguña			VERIF.	William Ulloa			APROB.	Omar Gelves			FABR.	William Ulloa				Wilber Zanguña			CALID.	William Ulloa				Wilber Zanguña			 FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																																		
DIBUJ.	Wilber Zanguña																																				
VERIF.	William Ulloa																																				
APROB.	Omar Gelves																																				
FABR.	William Ulloa																																				
	Wilber Zanguña																																				
CALID.	William Ulloa																																				
	Wilber Zanguña																																				
			N.º DE DIBUJO placa para tensión de la banda		A4																																
			ESCALA:1:1,5		HOJA 24																																



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

MATERIAL: caucho
 ACABADO:
 PESO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

SUB-SISTEMA:
 Sistema estructural

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelvas		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALID.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		



 CONSTRUIMOS FUTURO
 FACULTAD DE INGENIERÍAS
 FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE
 INGENIERÍA MECÁNICA

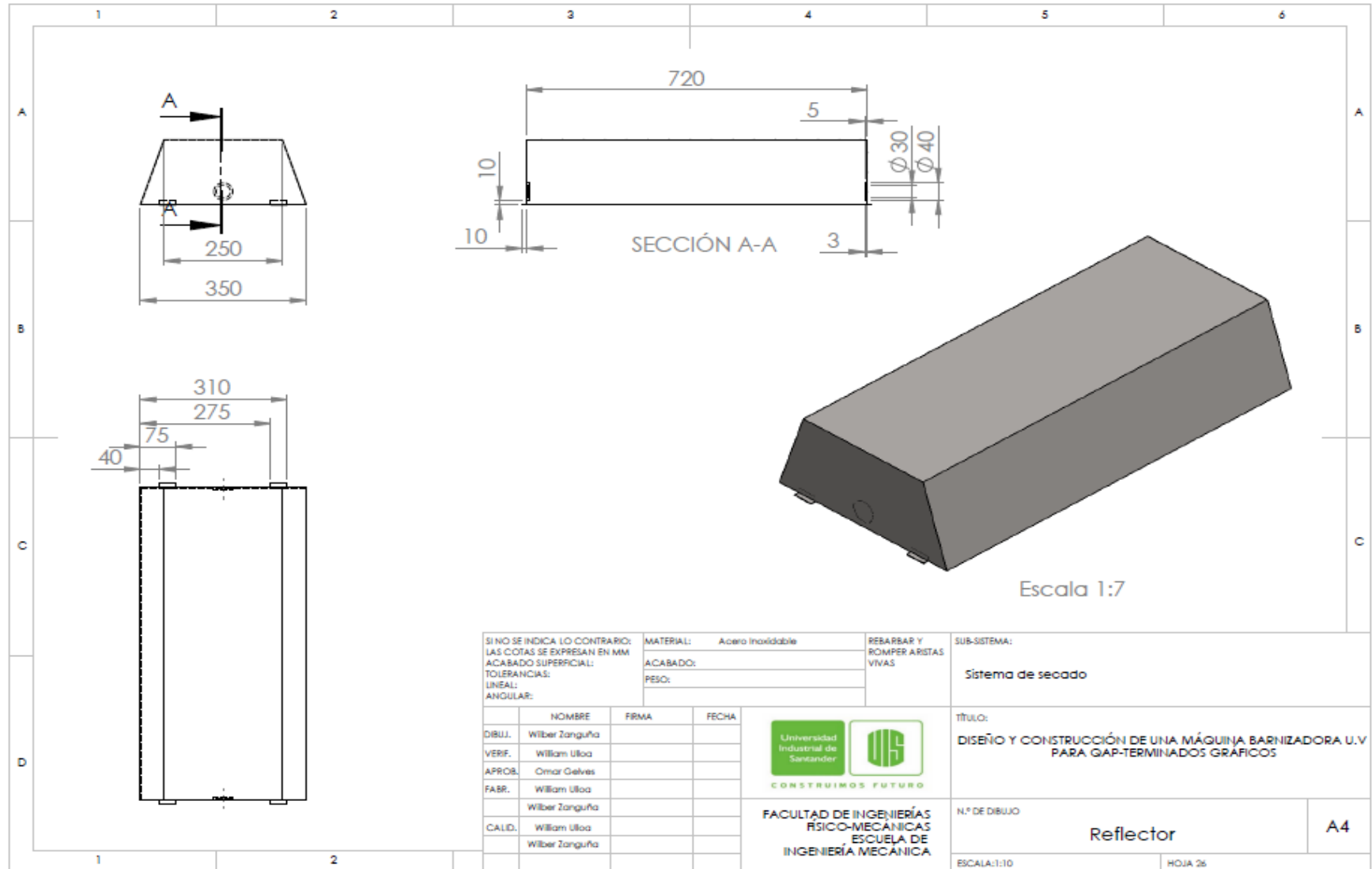
TÍTULO:
 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V
 PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS



N.º DE DIBUJO
 empaque estructura

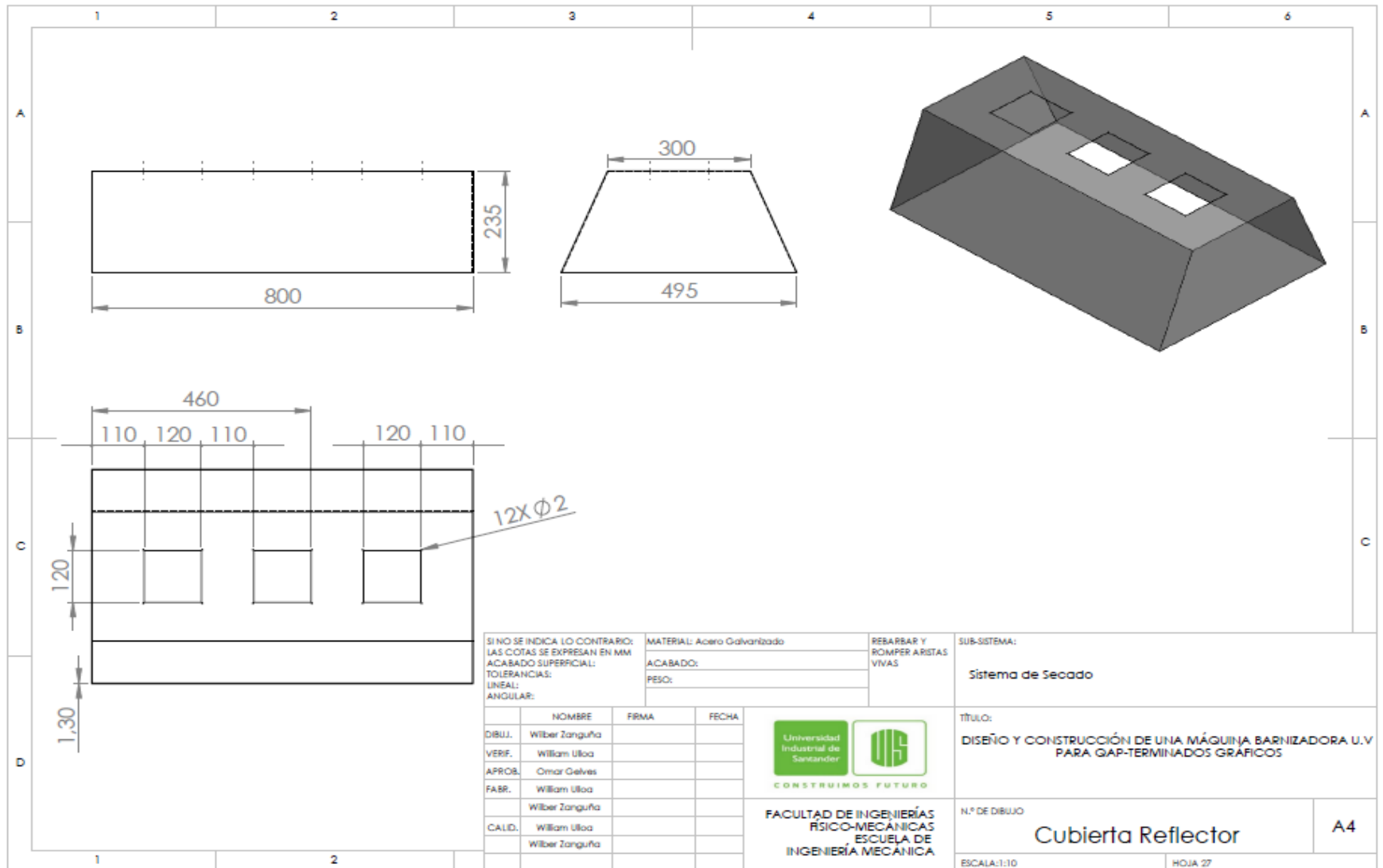
ESCALA:1:1

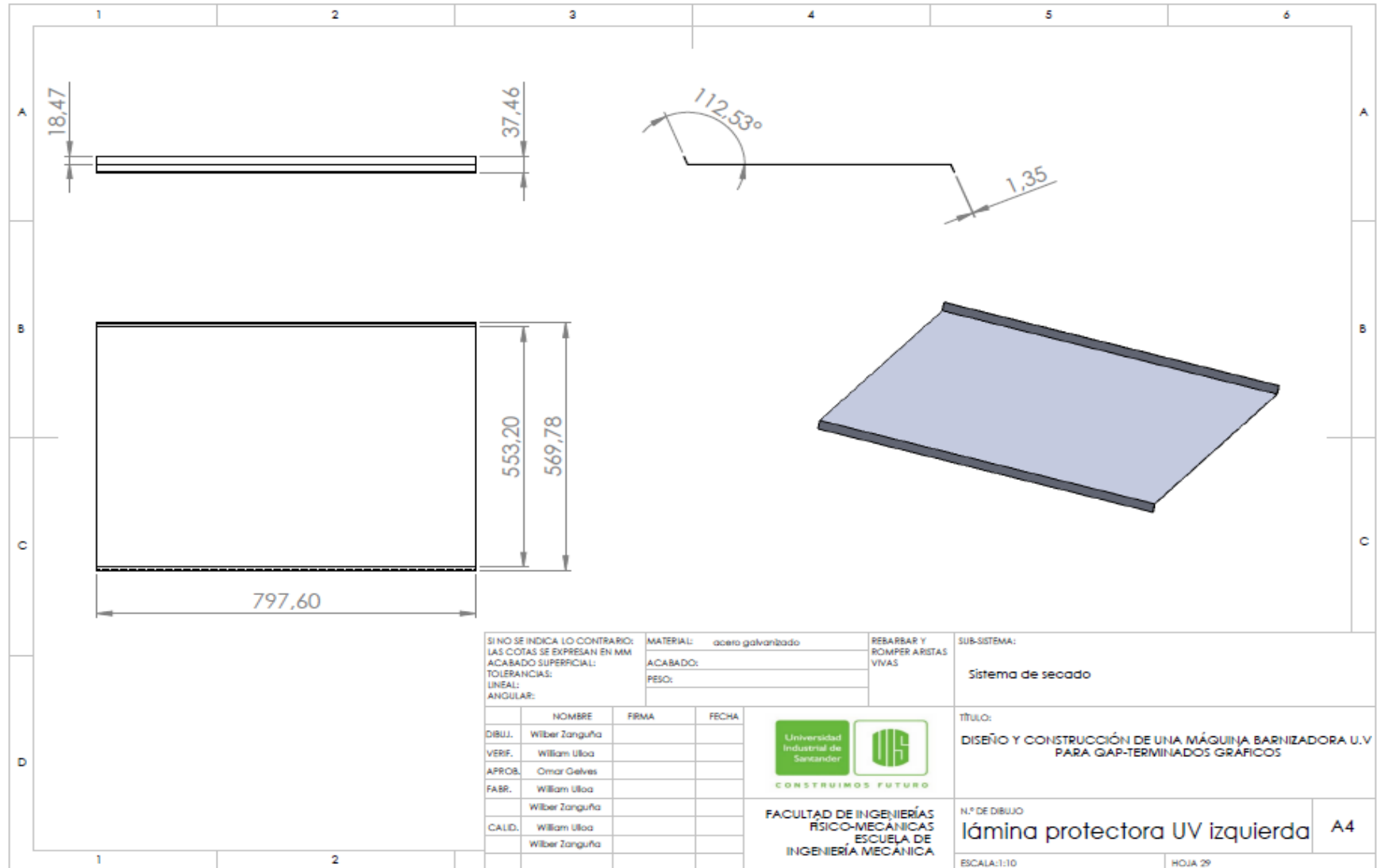
HOJA 25

A4



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			MATERIAL: Acero Inoxidable	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema de secado
			ACABADO:		
			PESO:		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	  CONSTRUIMOS FUTURO	TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS
DIBUJ.	Wilber Zanguña				N.º DE DIBUJO Reflector
VERIF.	William Uloa				
APROB.	Omar Gelves				
FABR.	William Uloa				
	Wilber Zanguña				
CALID.	William Uloa				A4
	Wilber Zanguña			ESCALA:1:10	HOJA 26





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

MATERIAL: acero galvanizado
 ACABADO:
 PESO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

SUB-SISTEMA:
 Sistema de secado

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelvez		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALID.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		



FACULTAD DE INGENIERÍAS
 FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE
 INGENIERÍA MECÁNICA

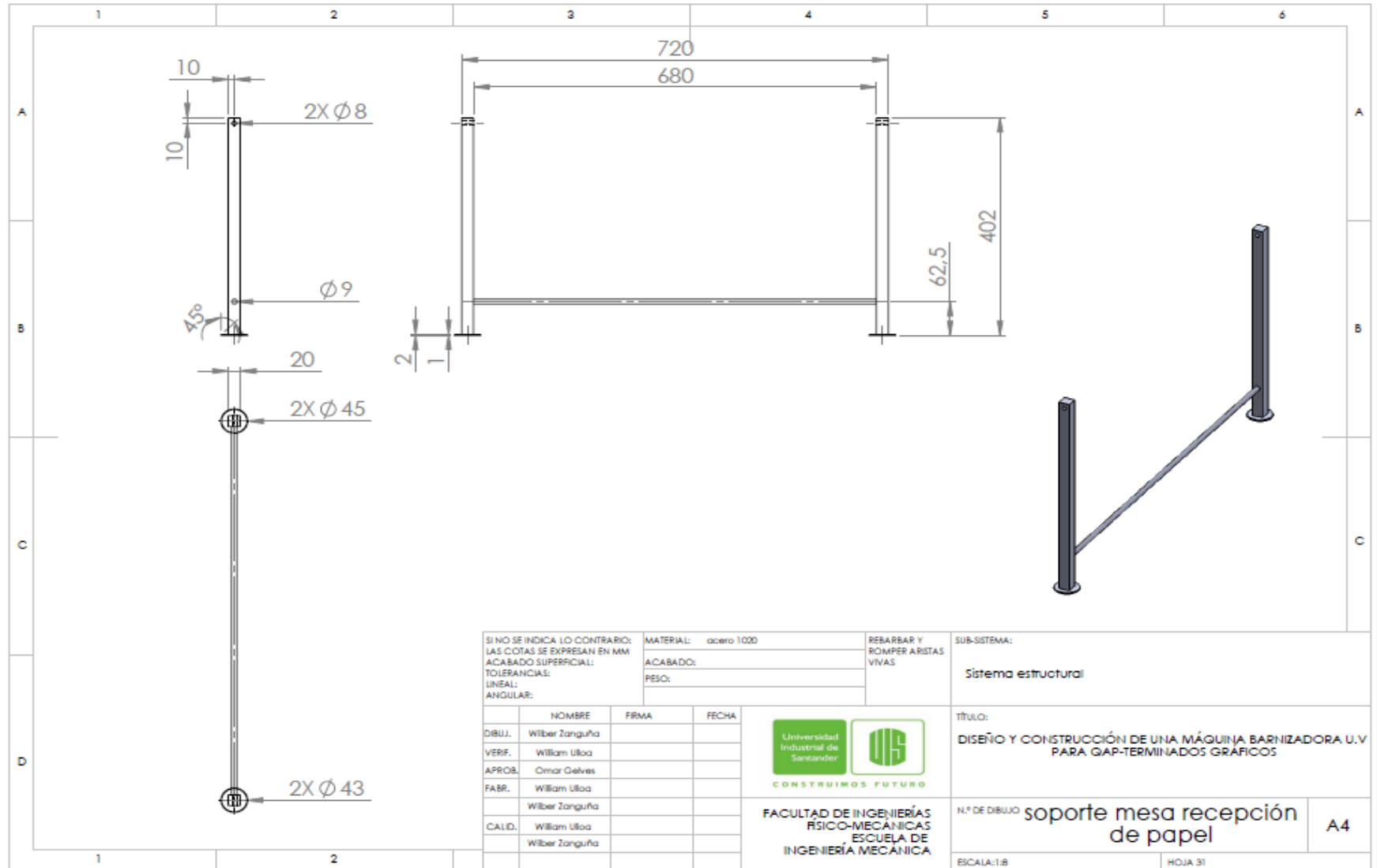
TÍTULO:
 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V
 PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS

N.º DE DIBUJO
 Lámina protectora UV izquierda

A4

ESCALA: 1:10

HOJA 29



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	MATERIAL:	acero 1020	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS
	ACABADO:		
	PESO:		

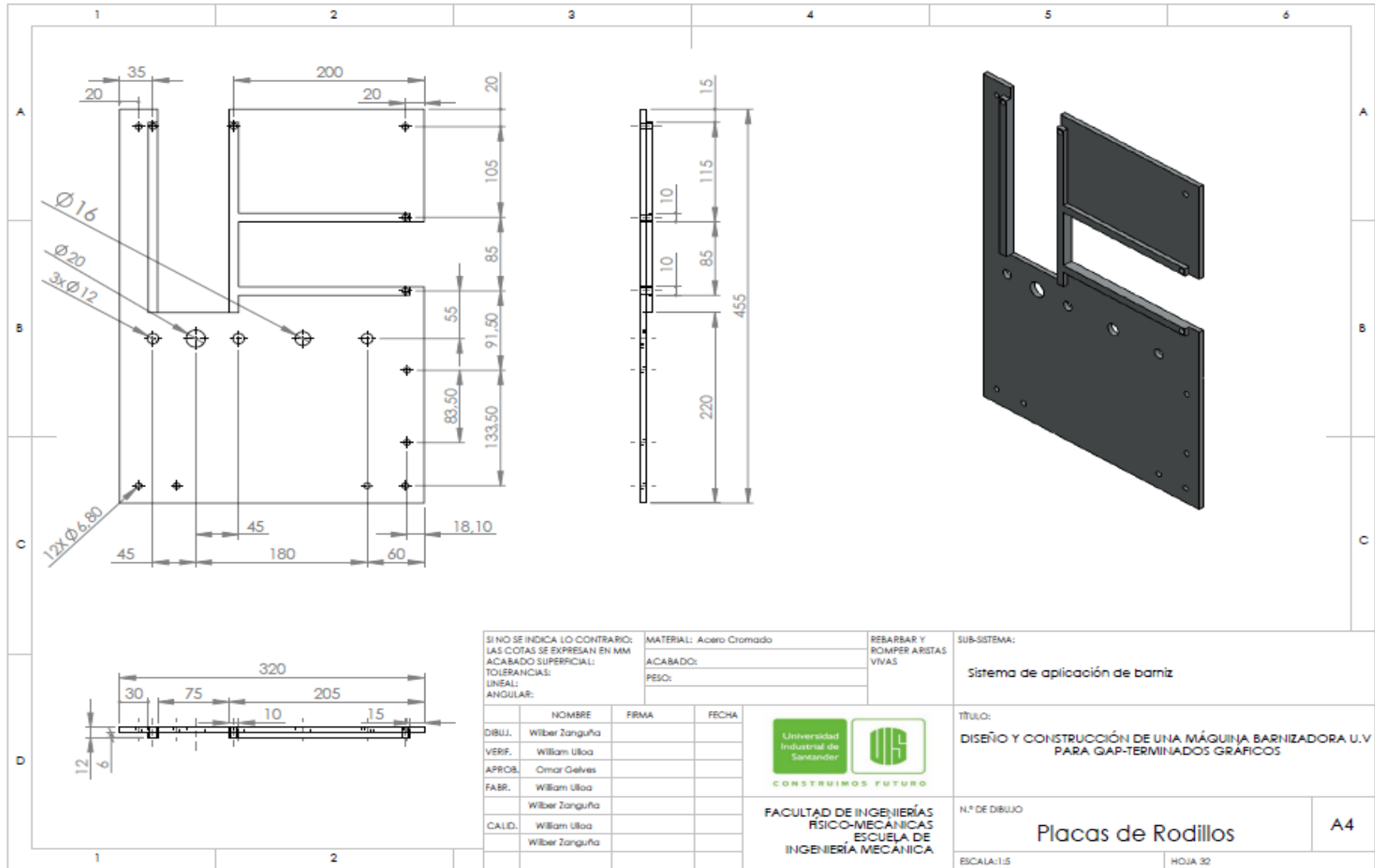
SUB-SISTEMA:	Sistema estructural
--------------	---------------------

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelvez		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALID.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		



CONSTRUIMOS FUTURO
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS	
N.º DE DIBUJO	soporte mesa recepción de papel	A4
ESCALA:1:8		HOJA 31



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

MATERIAL: Acero Cromado
 ACABADO:
 PESO:
 REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

SUB-SISTEMA:
 Sistema de aplicación de barniz

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelvas		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALID.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		

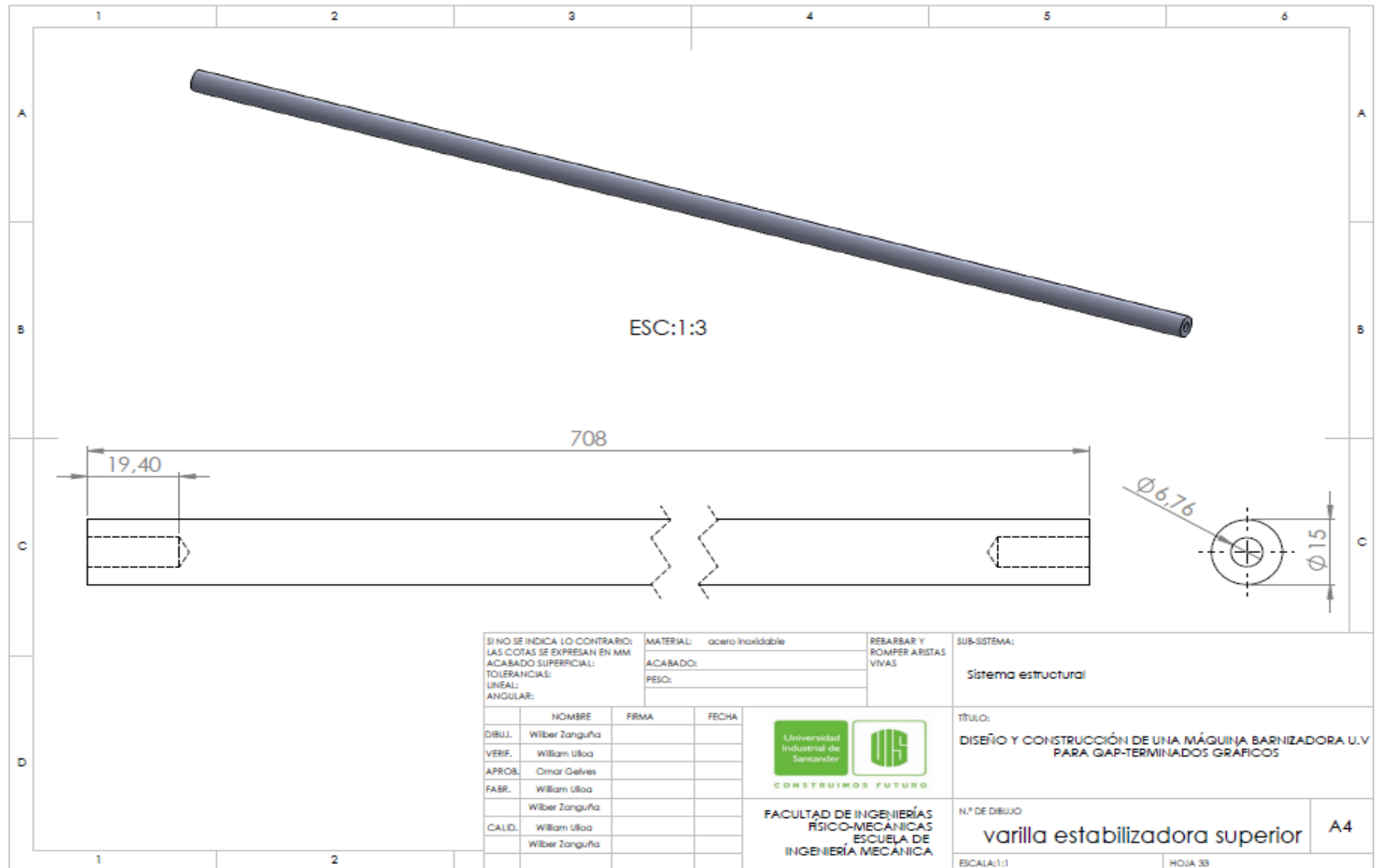


FACULTAD DE INGENIERÍAS
 FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO:
 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS

N.º DE DIBUJO
Placas de Rodillos
 ESCALA: 1:5
 HOJA 32

A4



ESC:1:3

708

19,40

$\phi 6,76$

$\phi 15$

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

MATERIAL: acero inoxidable
ACABADO:
PESO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

SUB-SISTEMA:
Sistema estructural

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelves		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALD.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		



FACULTAD DE INGENIERÍAS
FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA

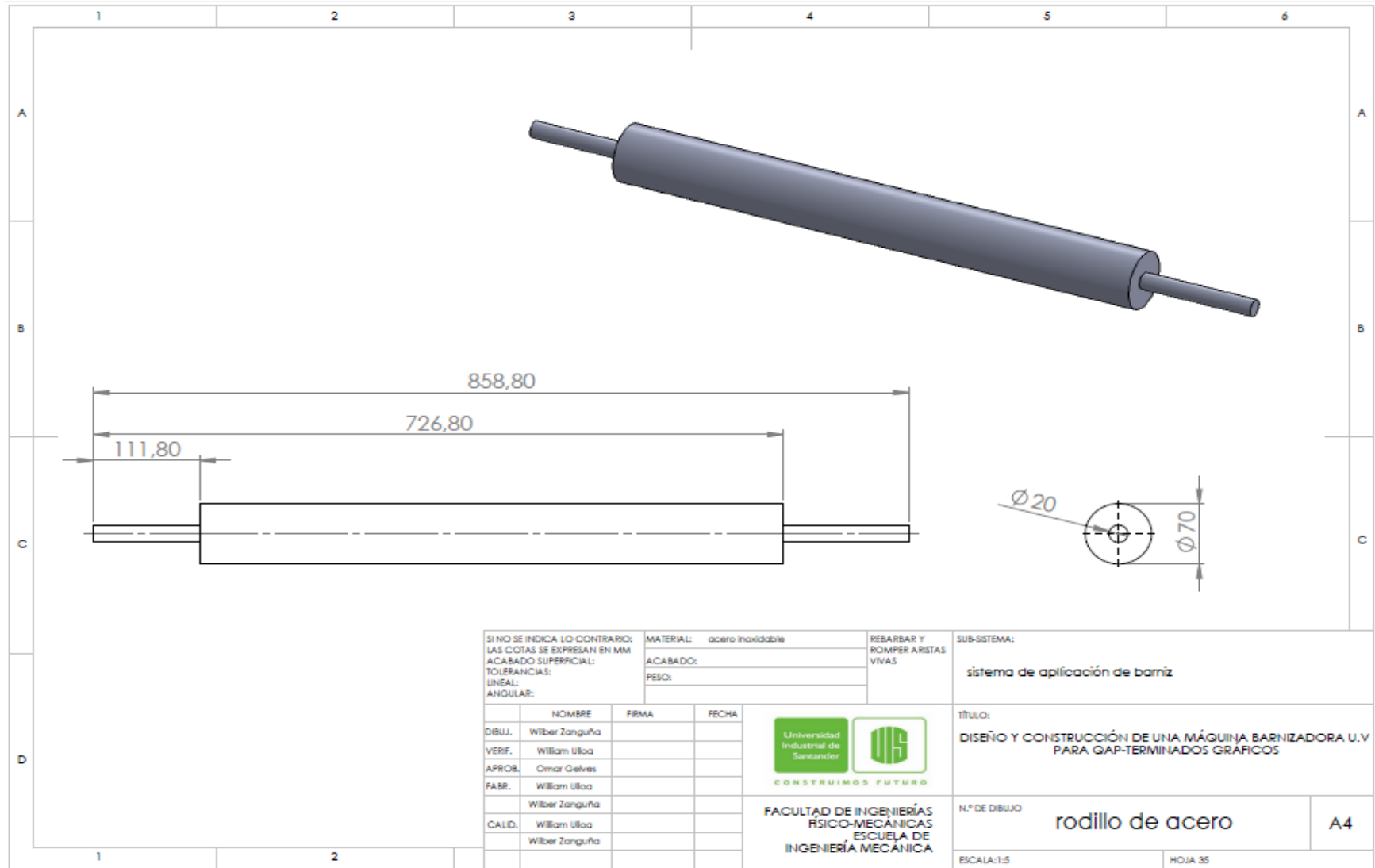
TÍTULO:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V
PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS


Nº DE DIBUJO
varilla estabilizadora superior

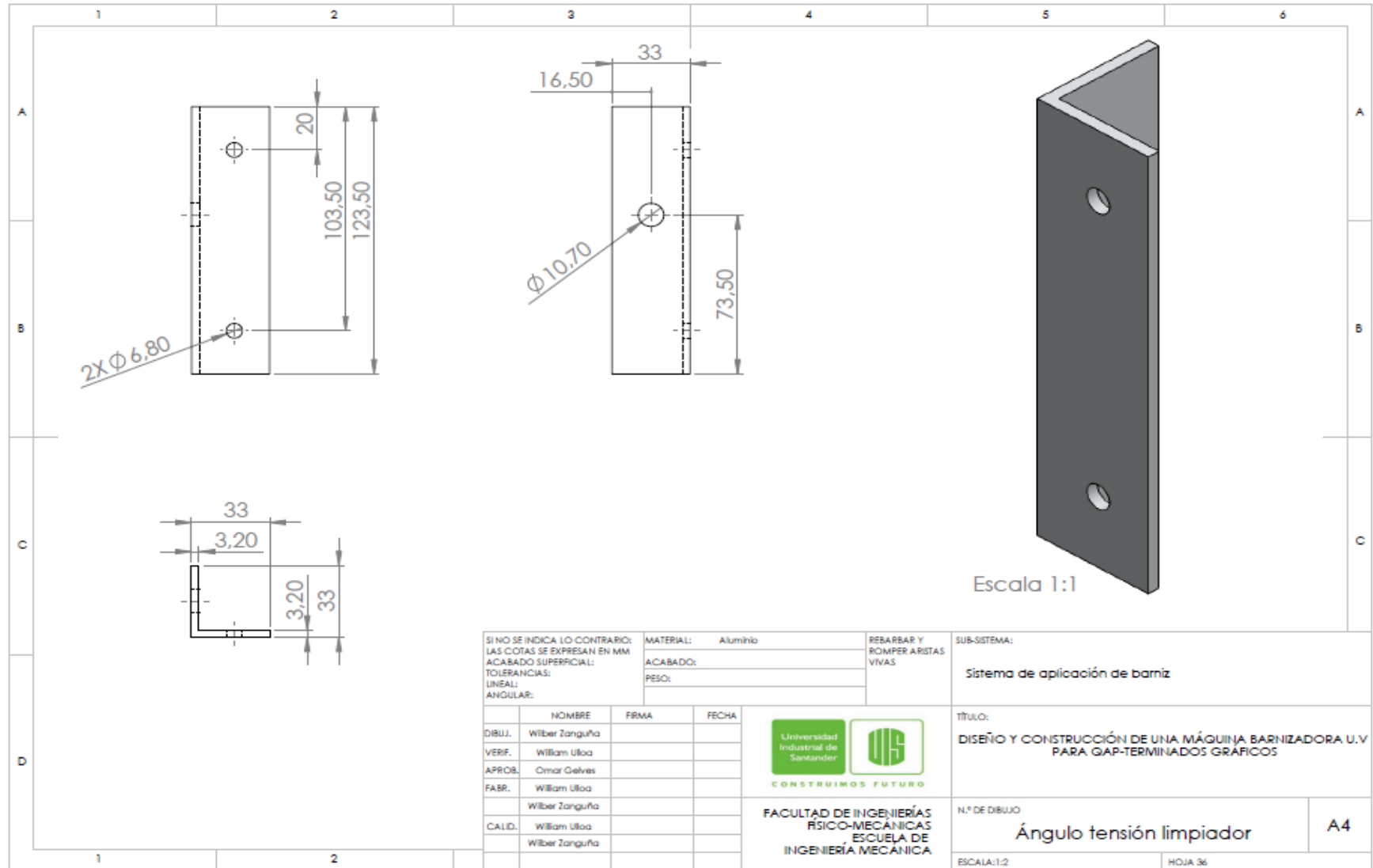
A4

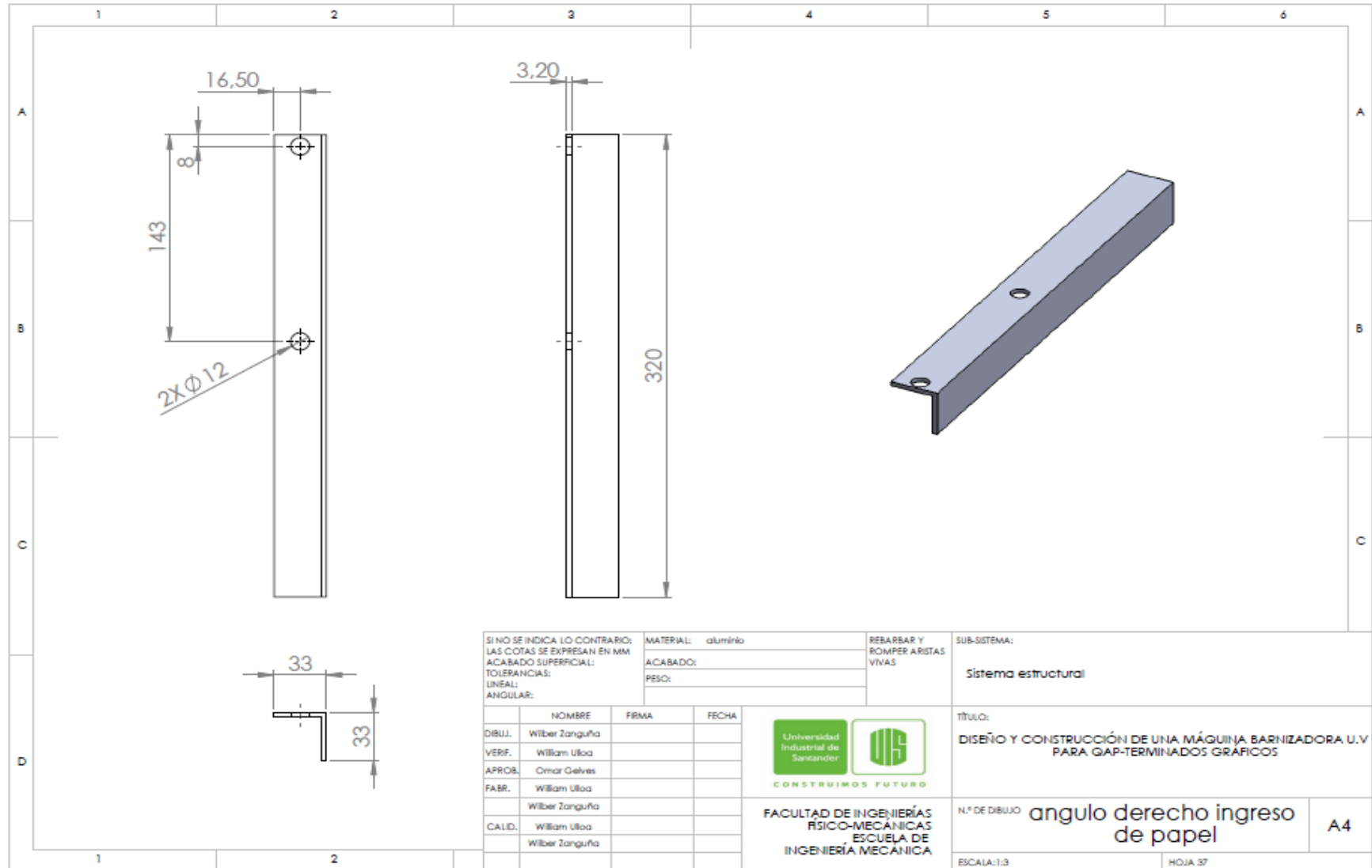
ESCALA:1:1

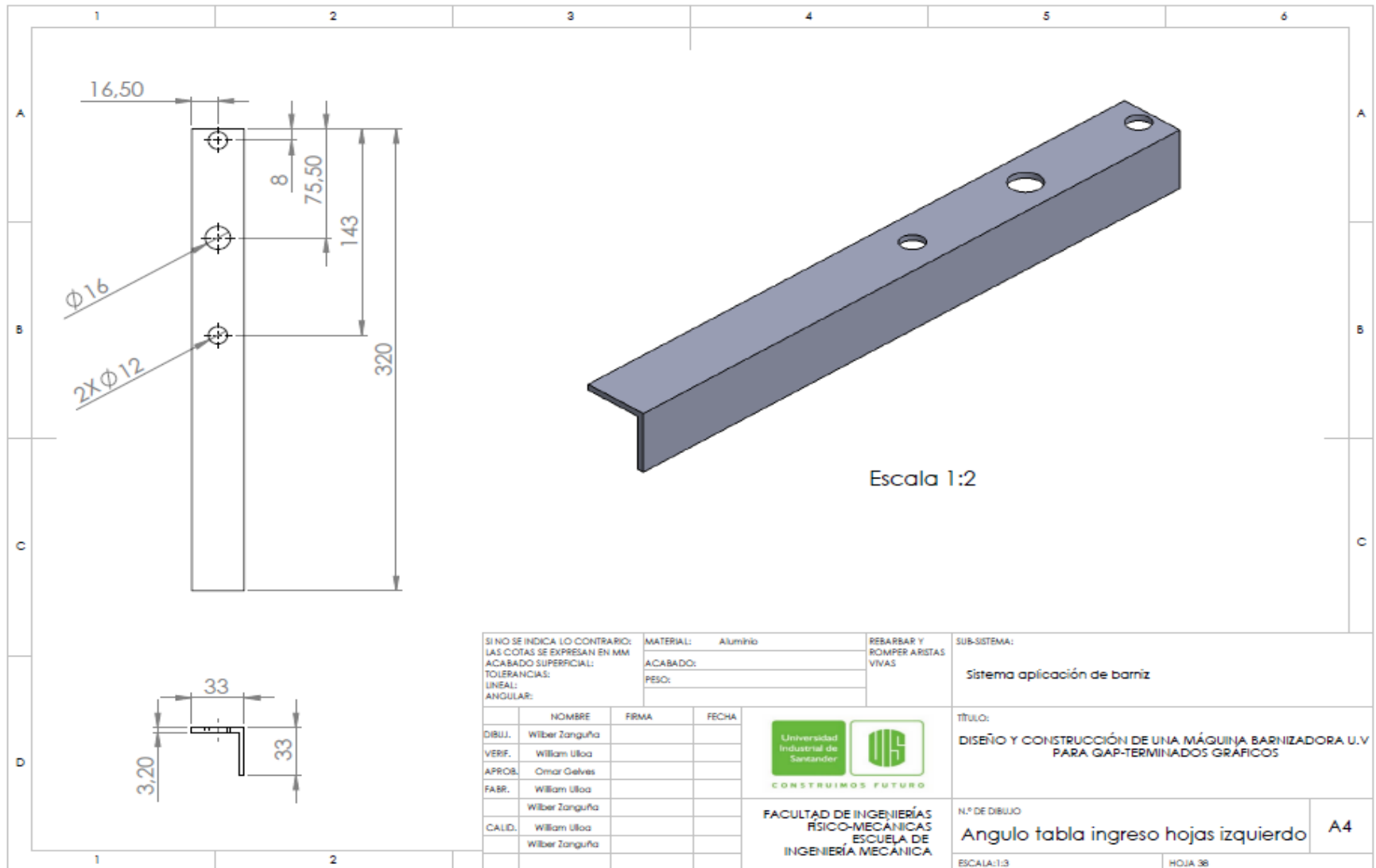
HOJA 33



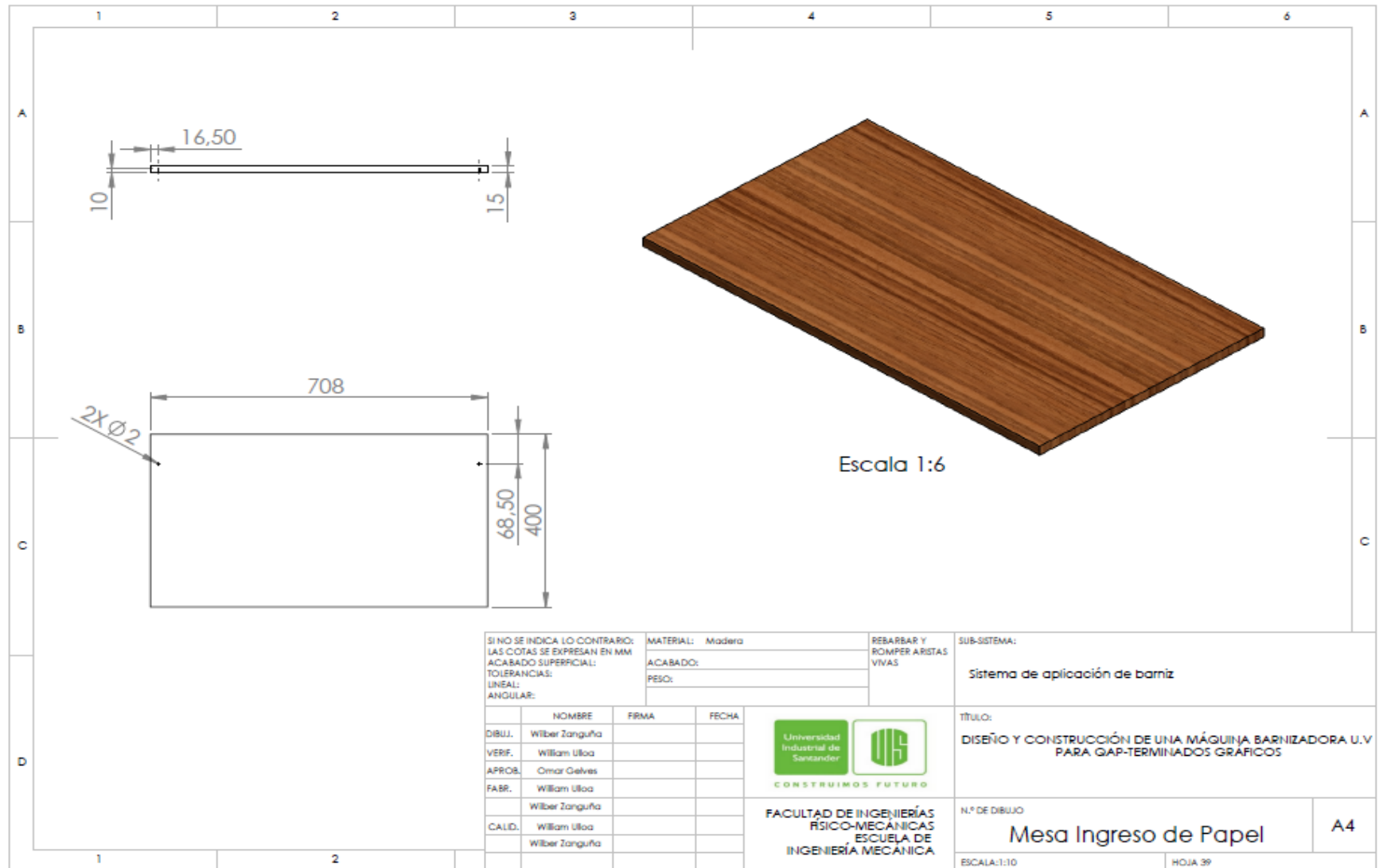
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			MATERIAL: acero inoxidable	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: sistema de aplicación de barniz	
			ACABADO:			
			PESO:			
			 CONSTRUIMOS FUTURO		TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS	
DIBUJ.	Wlber Zanguña	FIRMA				Nº DE DIBUJO rodillo de acero
VERIF.	William Ulloa	FECHA				A4
APROB.	Omar Gelves					
FABR.	William Ulloa					
			FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		ESCALA: 1:5	
					HOJA 35	



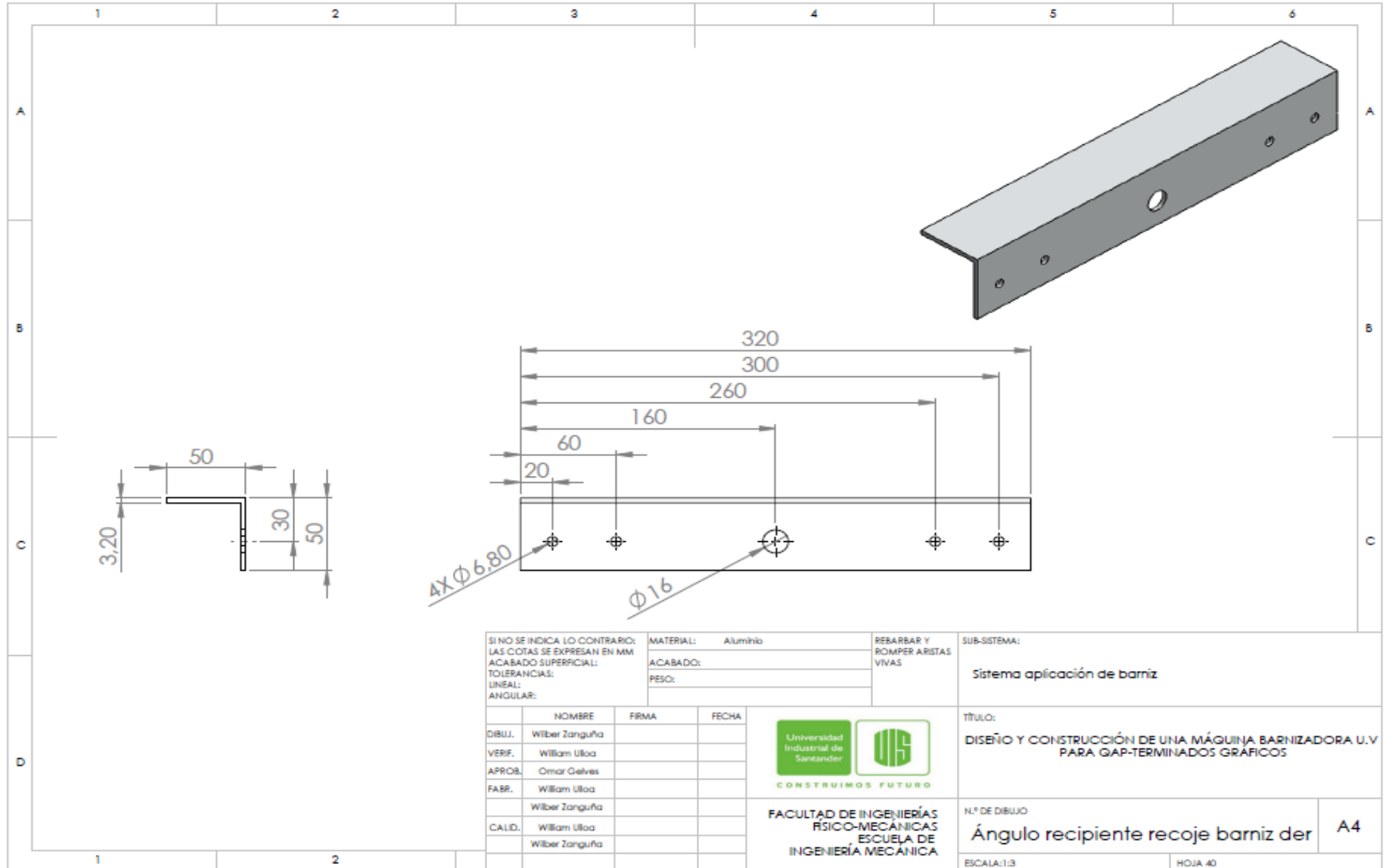




SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			MATERIAL: Aluminio	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema aplicación de barniz																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>Wilber Zanguña</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>William Ulloa</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>Omar Galves</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>William Ulloa</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wilber Zanguña</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td>William Ulloa</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wilber Zanguña</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	Wilber Zanguña			VERIF.	William Ulloa			APROB.	Omar Galves			FABR.	William Ulloa				Wilber Zanguña			CALID.	William Ulloa				Wilber Zanguña			<p>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER CONSTRUIMOS FUTURO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>		TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																																		
DIBUJ.	Wilber Zanguña																																				
VERIF.	William Ulloa																																				
APROB.	Omar Galves																																				
FABR.	William Ulloa																																				
	Wilber Zanguña																																				
CALID.	William Ulloa																																				
	Wilber Zanguña																																				
			N.º DE DIBUJO Angulo tabla ingreso hojas izquierdo		A4																																
			ESCALA:1:3		HOJA 38																																



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM			MATERIAL: Madera	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema de aplicación de barniz
ACABADO SUPERFICIAL:			ACABADO:		
TOLERANCIAS:			PESO:		
LINEAL:					
ANGULAR:					
	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DIBUJ.	Wilber Zanguña				
VERIF.	William Uloa				
APROB.	Omar Gelves				
FABR.	William Uloa				
	Wilber Zanguña			FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
CALID.	William Uloa			N.º DE DIBUJO Mesa Ingreso de Papel	
	Wilber Zanguña			ESCALA:1:10 HOJA 39	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	MATERIAL:	Aluminio	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS
	ACABADO:		
	PESO:		

SUB-SISTEMA:	Sistema aplicación de barniz
--------------	------------------------------

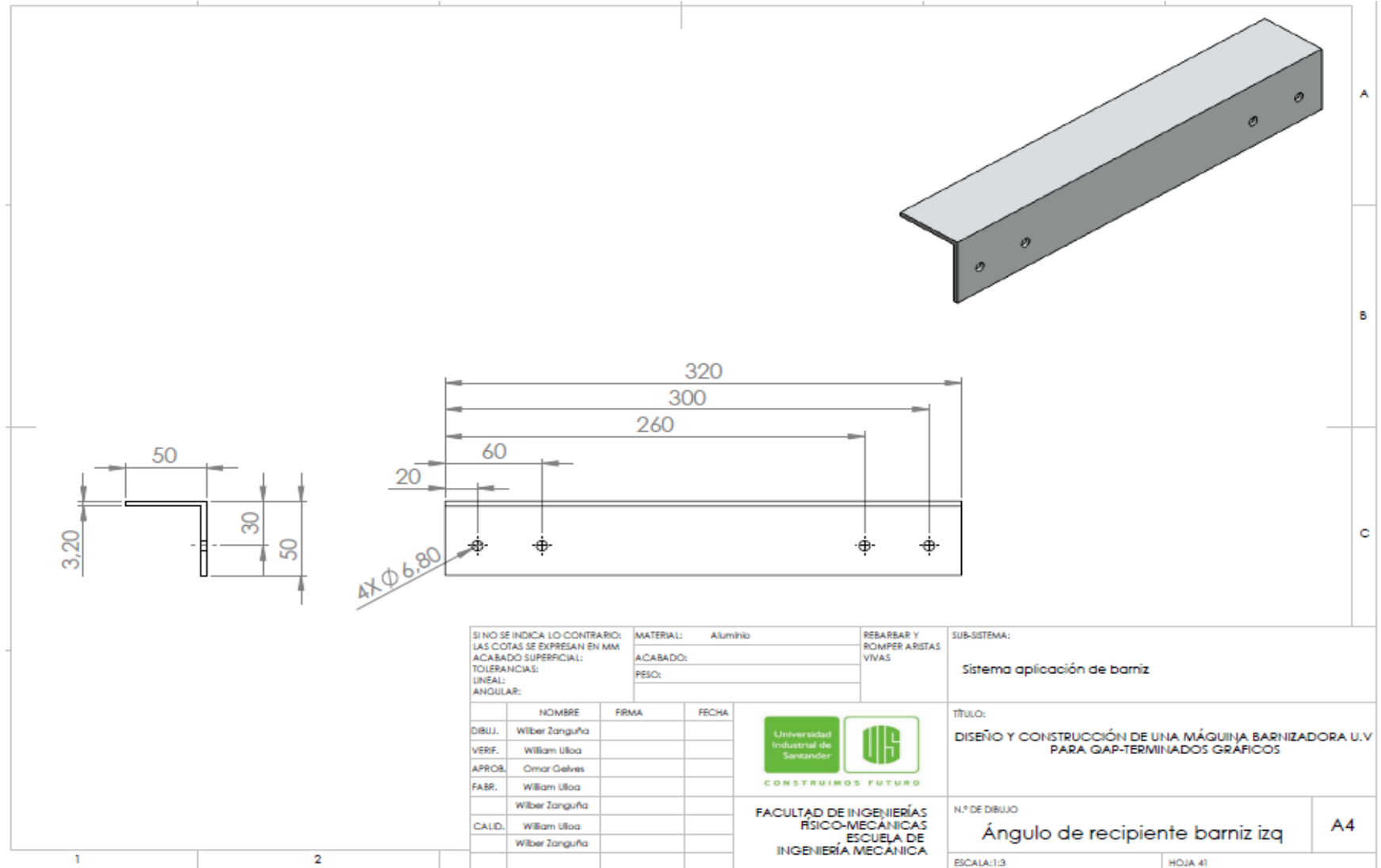
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelves		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALD.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		

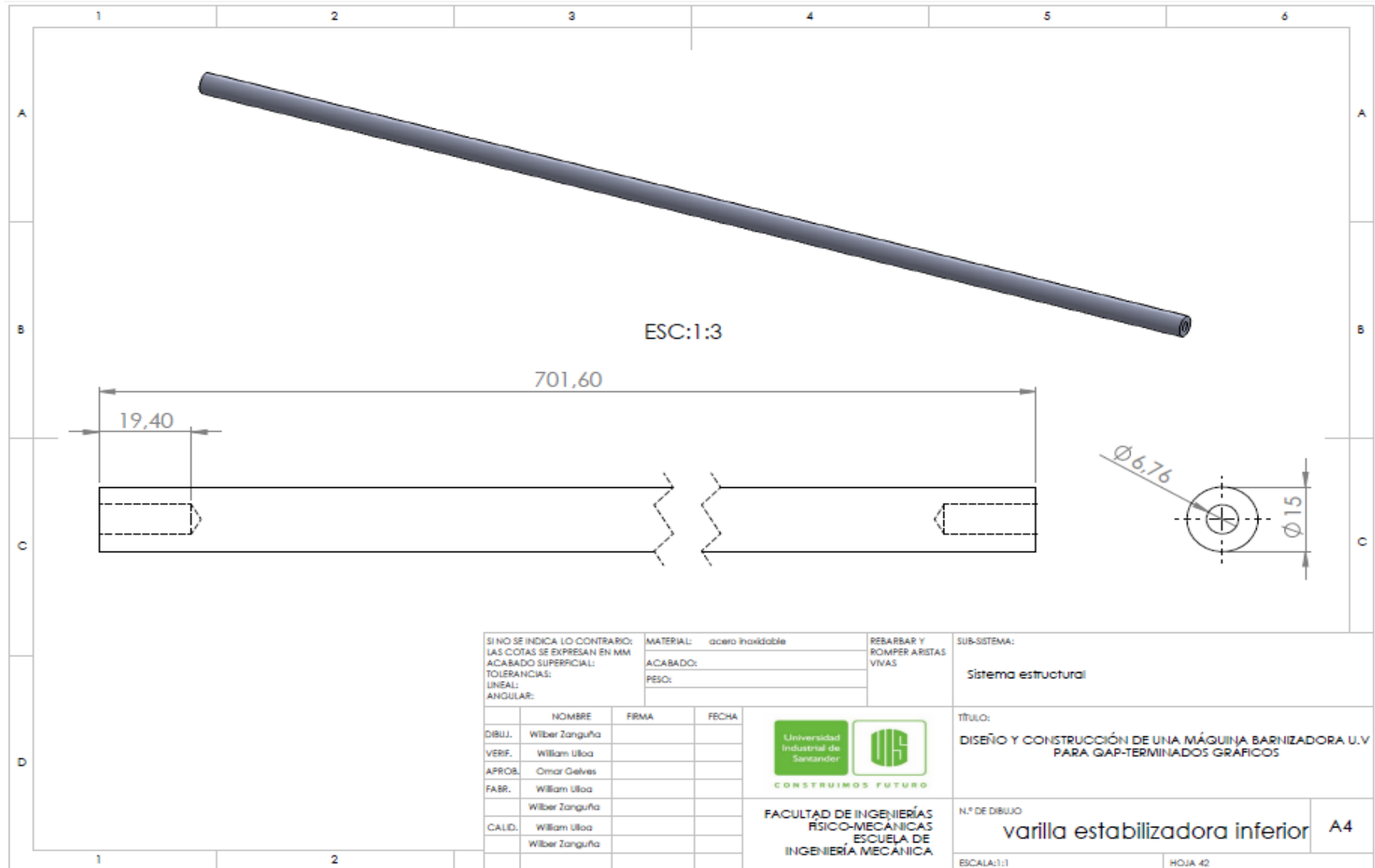



CONSTRUIMOS FUTURO

 FACULTAD DE INGENIERÍAS
 FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE
 INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS	
N.º DE DIBUJO	Ángulo recipiente recoje barniz der	A4
ESCALA:1:3	HOJA 40	

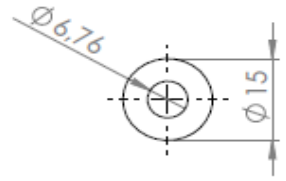




ESC:1:3

701,60

19,40



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

MATERIAL: acero inoxidable
 ACABADO:
 PESO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

SUB-SISTEMA:
 Sistema estructural

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelves		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALD.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		

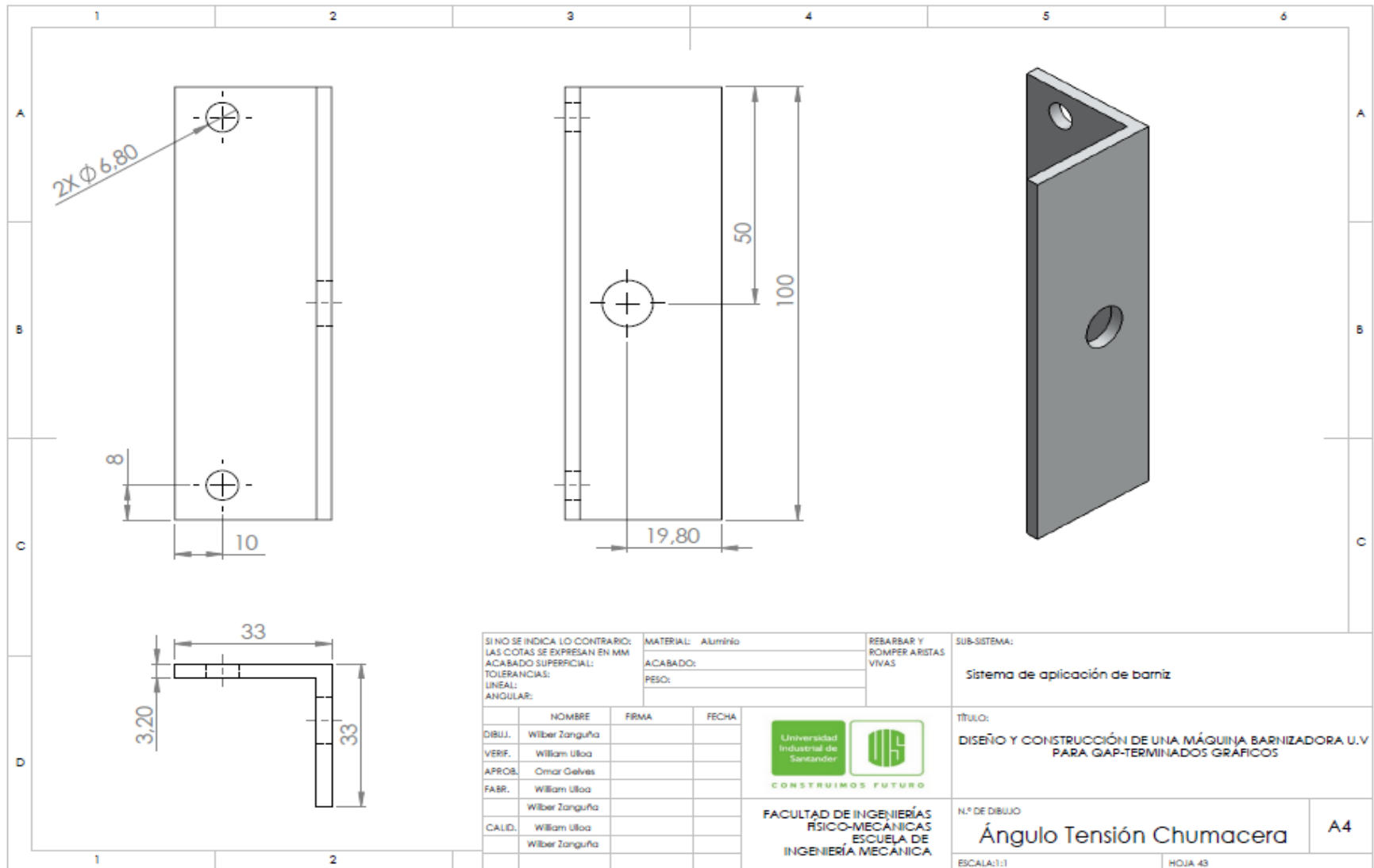


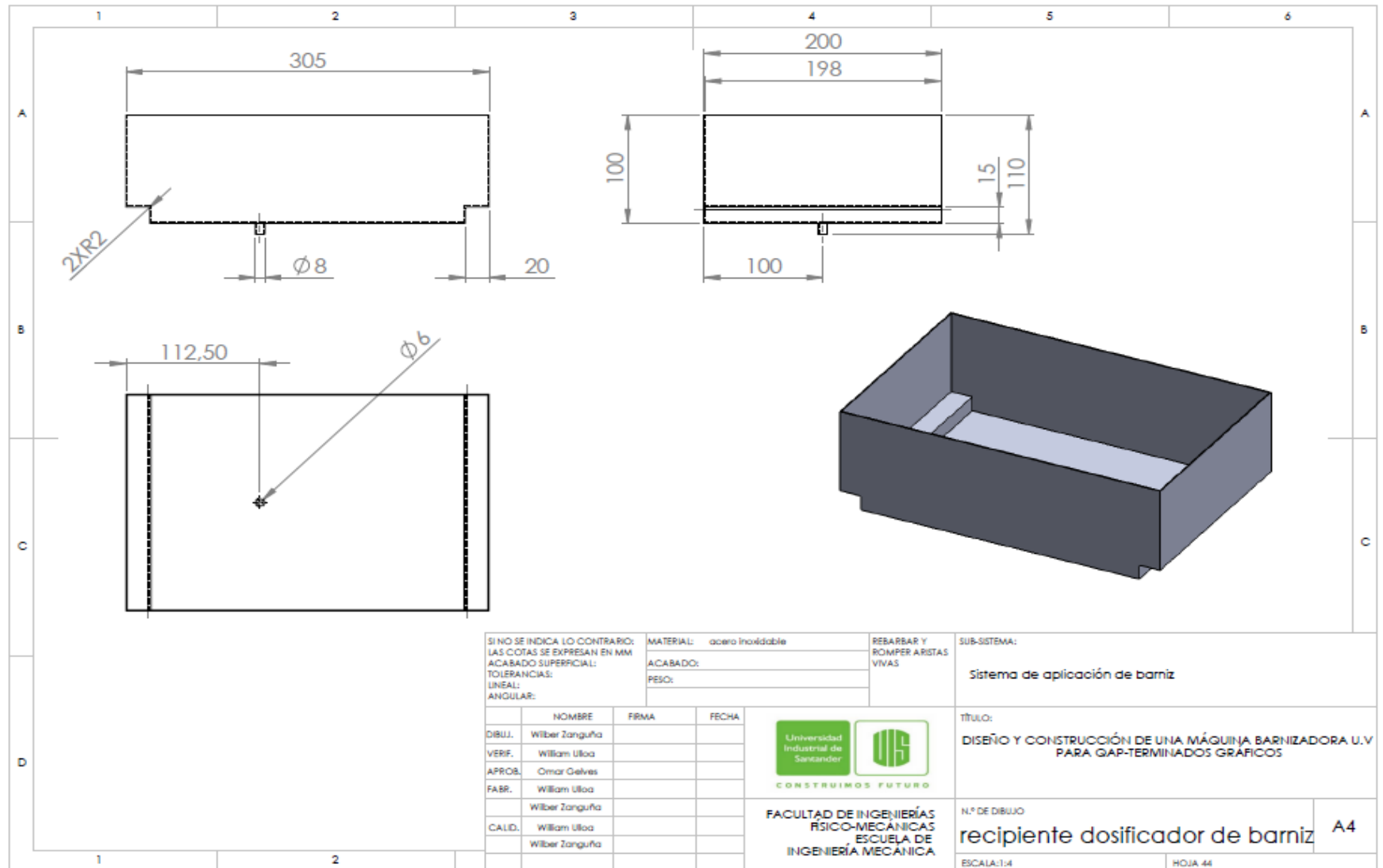
FACULTAD DE INGENIERÍAS
 FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE
 INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO:
 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V
 PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS

N.º DE DIBUJO
varilla estabilizadora inferior A4

ESCALA:1:1 HOJA 42





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

MATERIAL: acero inoxidable
 ACABADO:
 PESO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

SUB-SISTEMA:
 Sistema de aplicación de barniz

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelves		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALD.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		

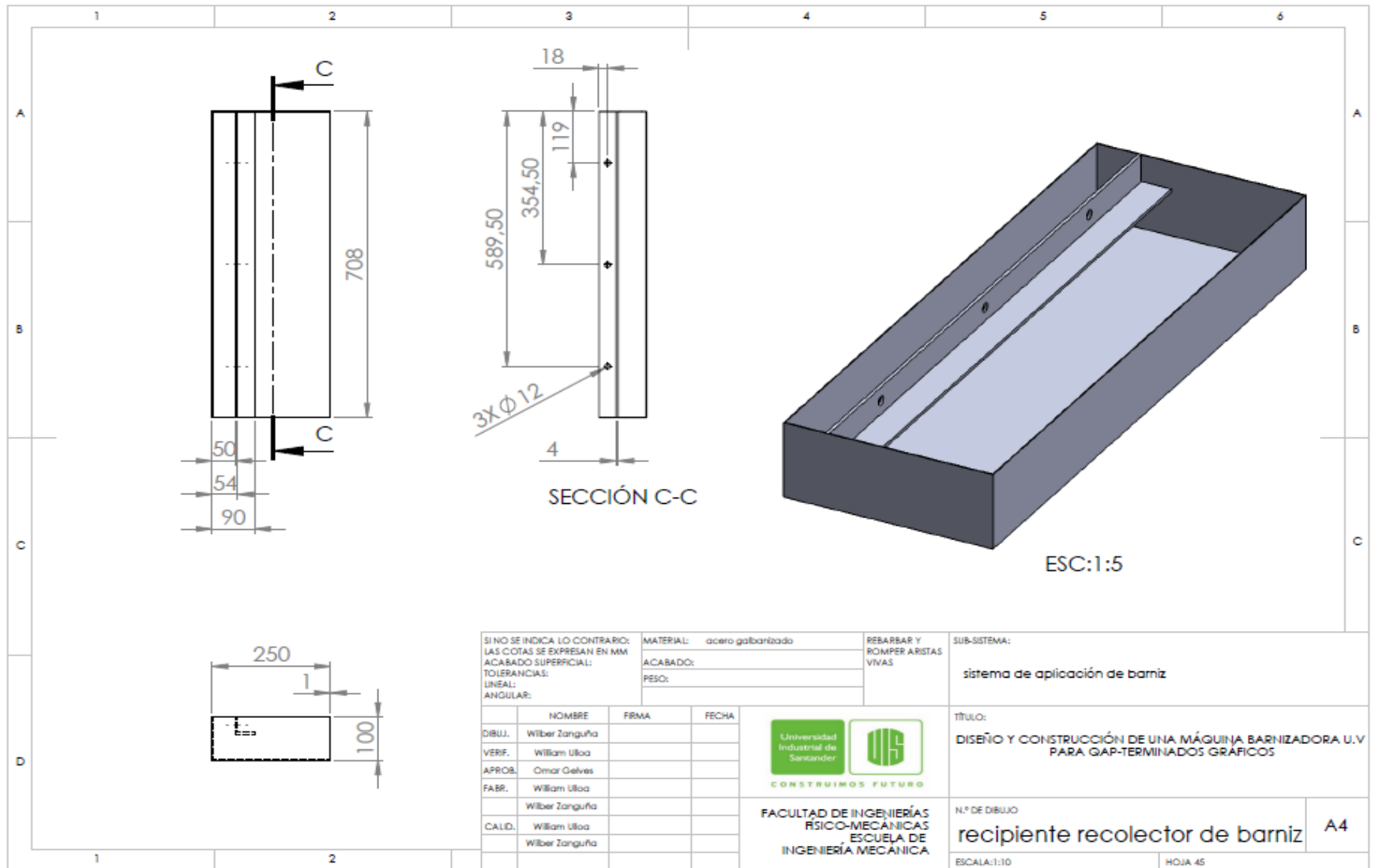


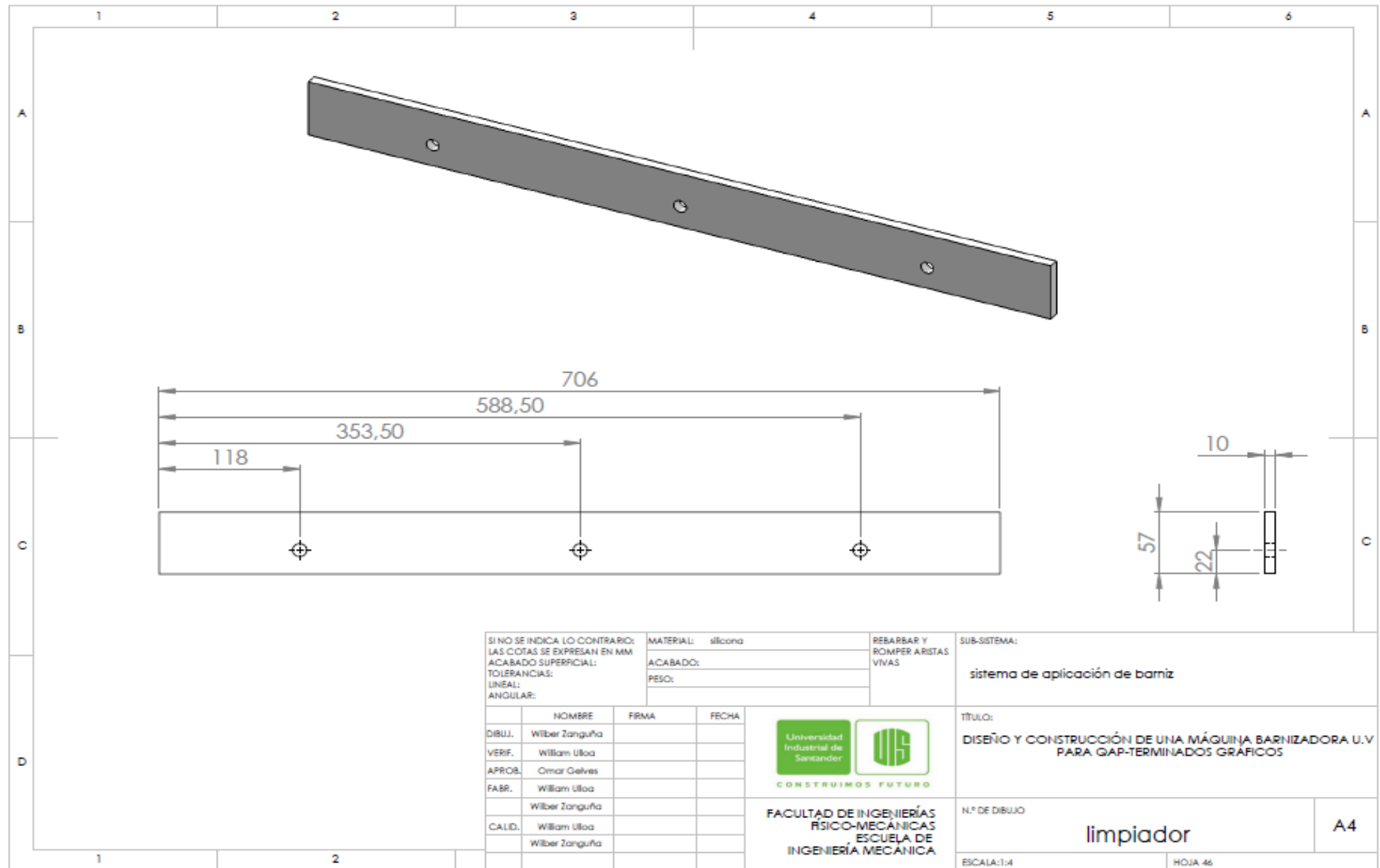
 CONSTRUIMOS FUTURO
 FACULTAD DE INGENIERÍAS
 FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE
 INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO:
 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V
 PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS

N.º DE DIBUJO
recipiente dosificador de barniz A4

ESCALA:1:4 HOJA 44





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

MATERIAL: silicona
 ACABADO:
 PESO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

SUB-SISTEMA:
 sistema de aplicación de barniz

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelves		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALID.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		

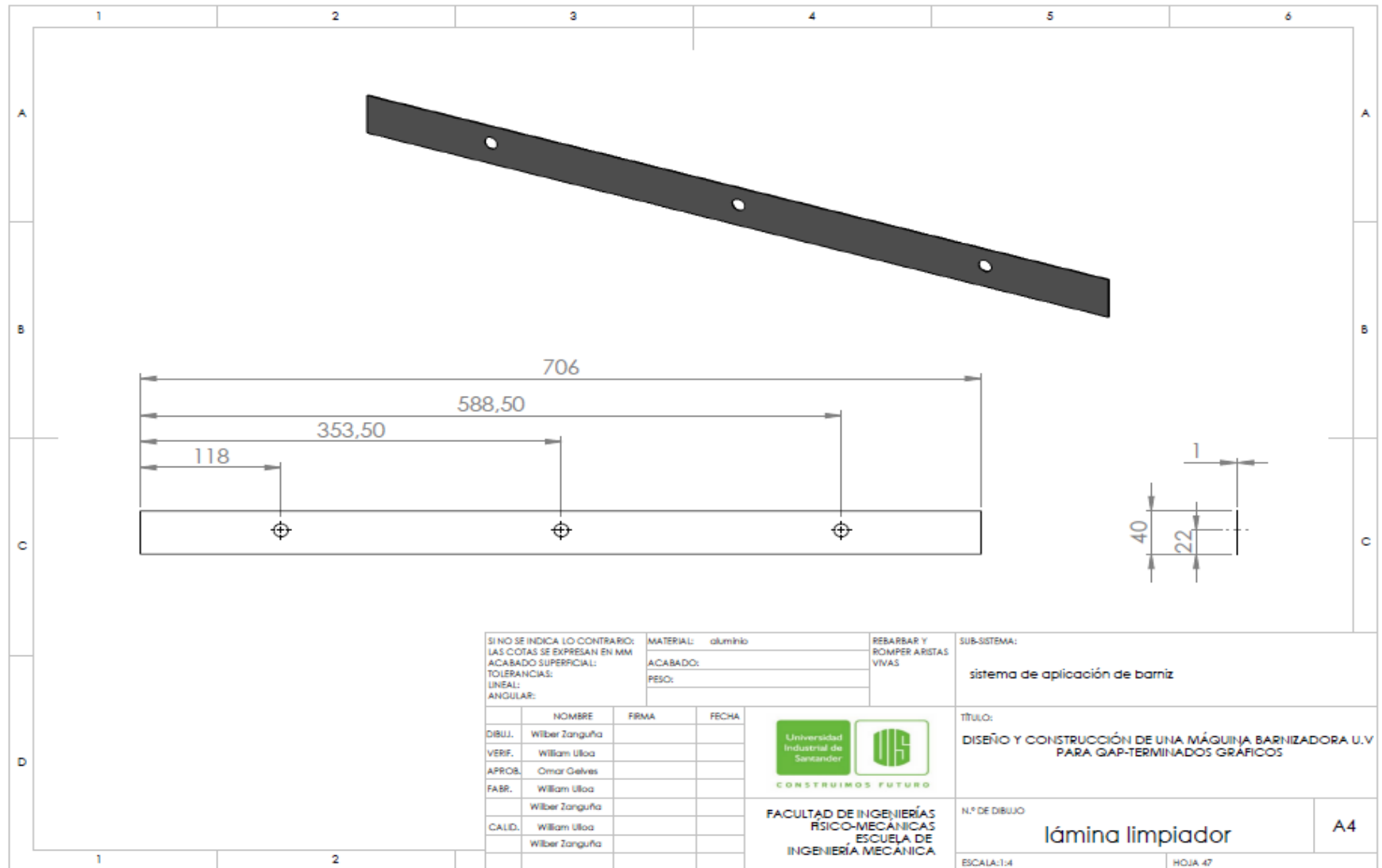


CONSTRUIMOS FUTURO
 FACULTAD DE INGENIERÍAS
 FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE
 INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO:
 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V
 PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS

N.º DE DIBUJO
 limpiador A4

ESCALA:1:4 HOJA 46



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

MATERIAL: aluminio
 ACABADO:
 PESO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

SUB-SISTEMA:
 sistema de aplicación de barniz

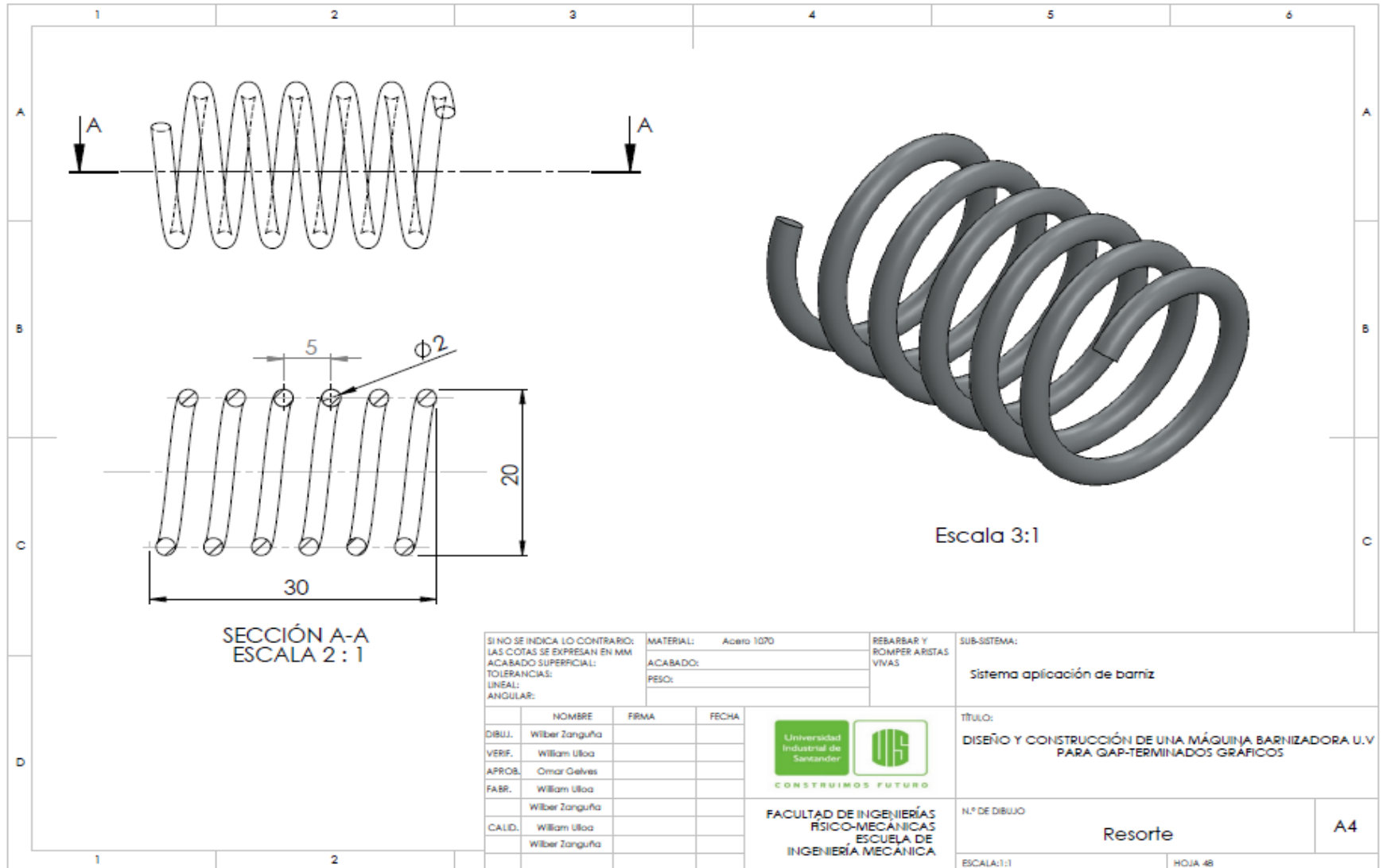
	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Wilber Zanguña		
VERIF.	William Ulloa		
APROB.	Omar Gelves		
FABR.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		
CALD.	William Ulloa		
	Wilber Zanguña		




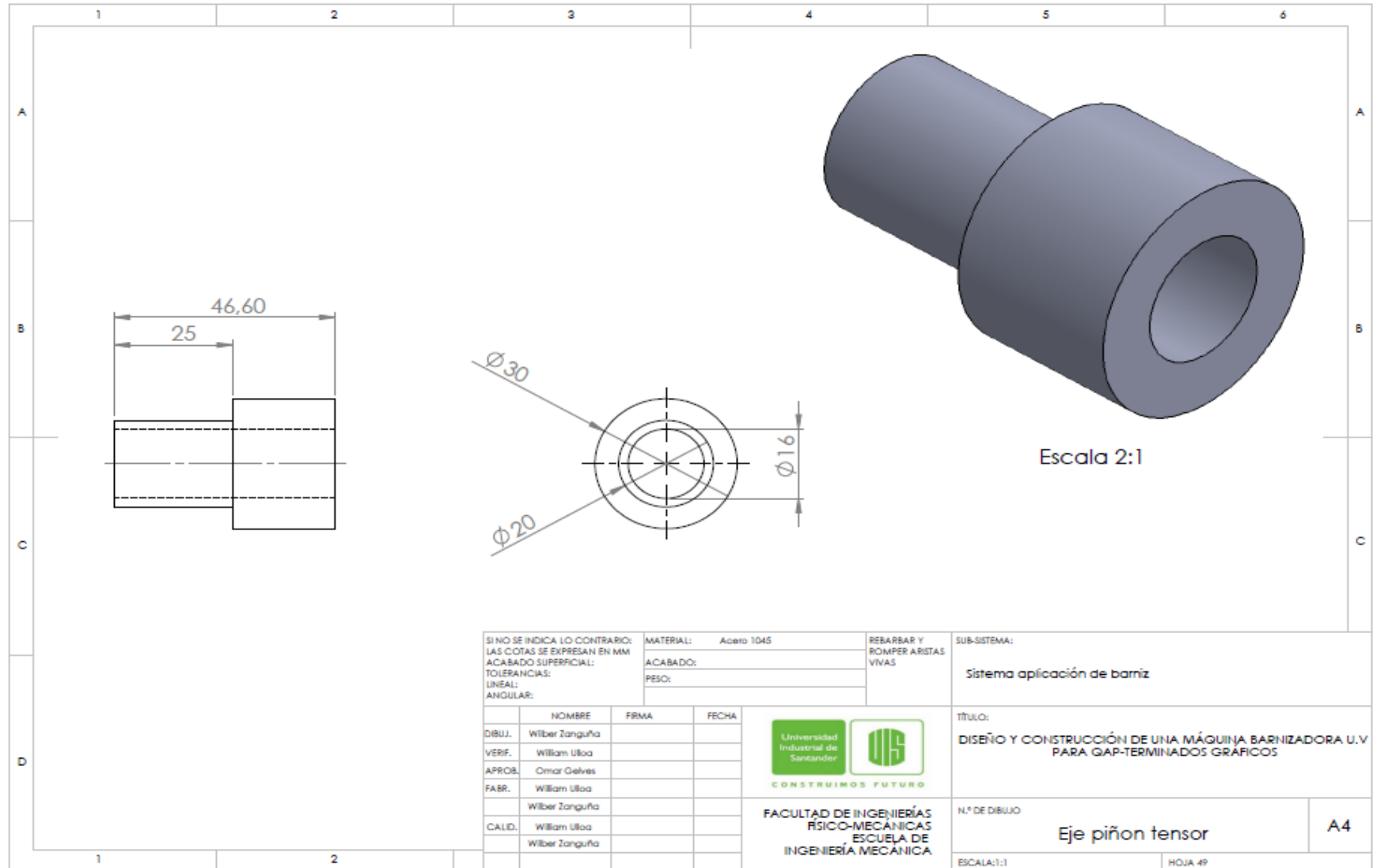
 CONSTRUIAMOS FUTURO
 FACULTAD DE INGENIERÍAS
 FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE
 INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO:
 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V
 PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS

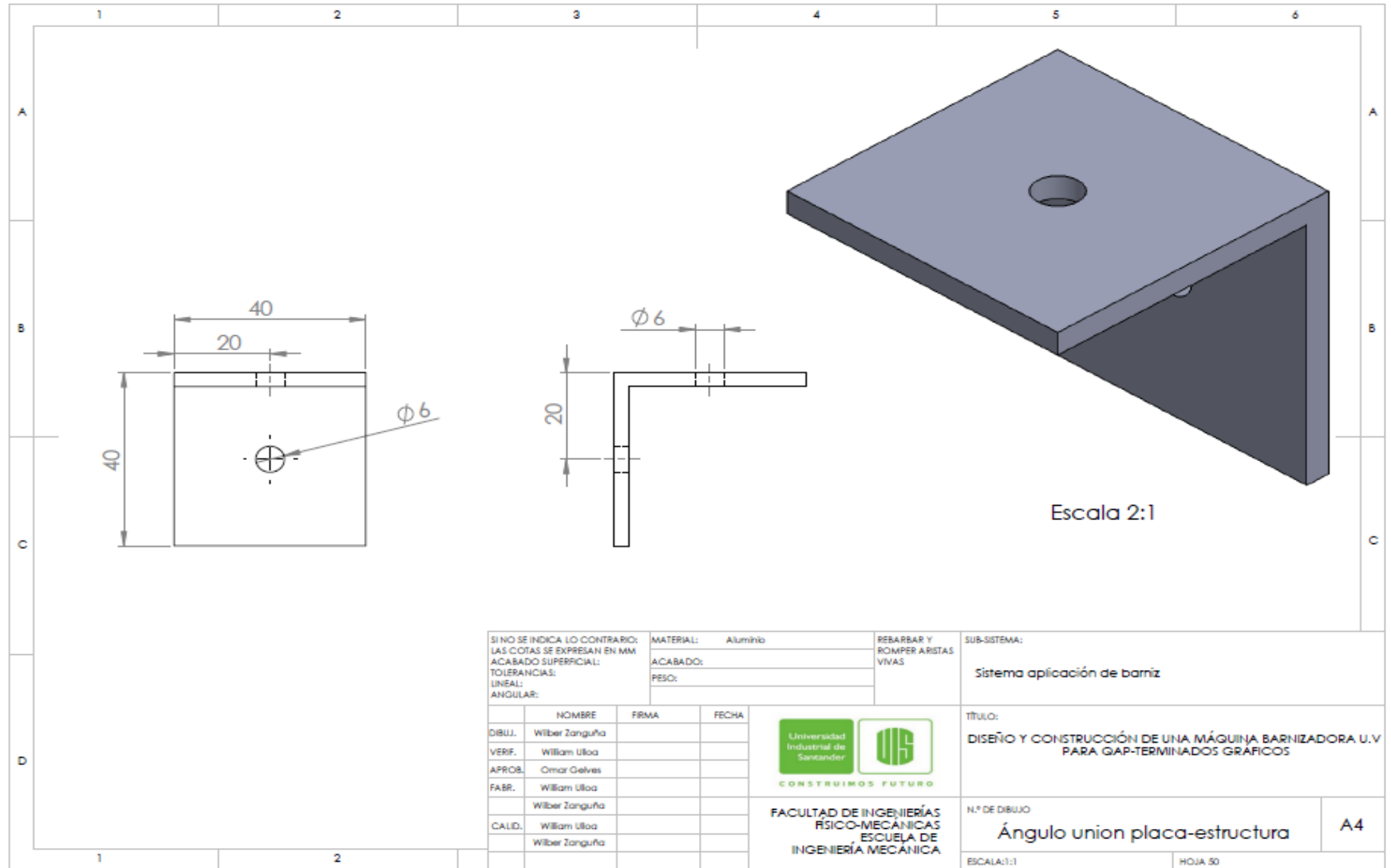
N.º DE DIBUJO
 lámina limpiador
 ESCALA:1:4
 HOJA 47
 A4



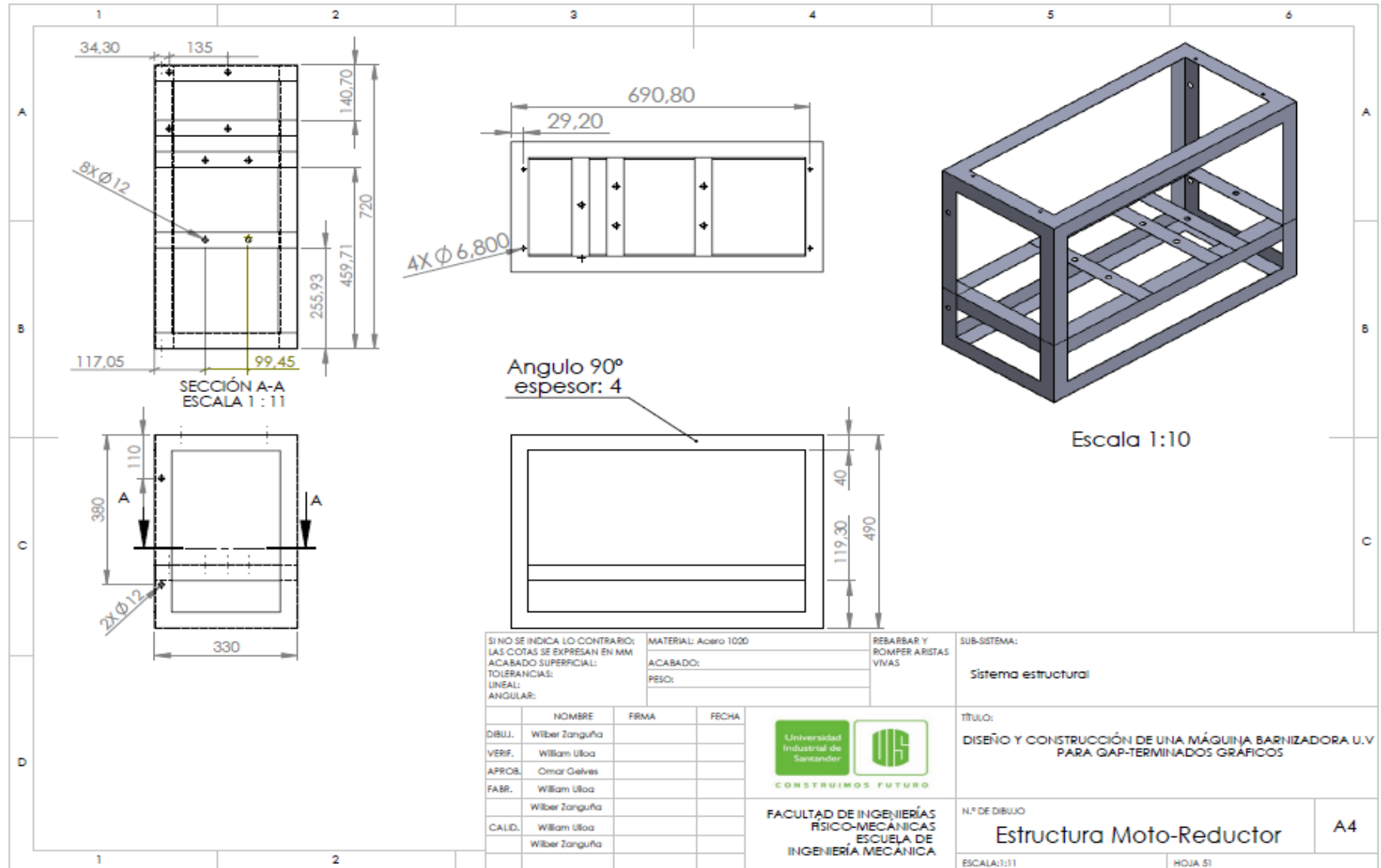
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			MATERIAL: Acero 1070	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema aplicación de barniz
DIBUJ. Wilber Zanguña			ACABADO:	 CONSTRUIMOS FUTURO	TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS
VERIF. Willem Ulioa			PESO:		N.º DE DIBUJO Resorte
APROB. Omar Gelves			FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		ESCALA:1:1
FABR. Willem Ulioa					HOJA 48
CALD. Wilber Zanguña					
CALD. Wilber Zanguña					

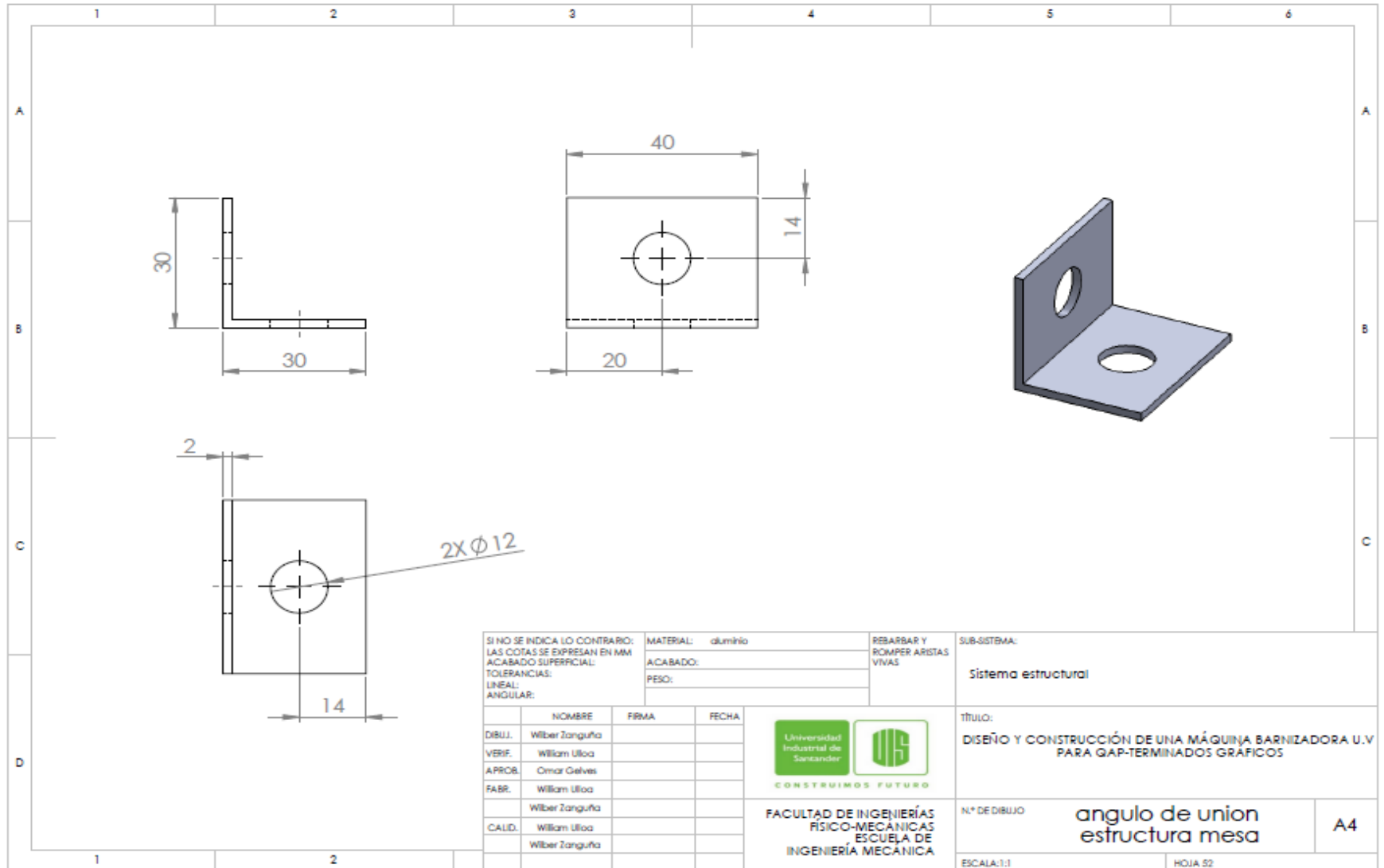



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			MATERIAL: Acero 1045	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema aplicación de barniz																																
ACABADO: PESO:																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td>Wilber Zanguña</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>William Ulloa</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>Omar Gelves</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td>William Ulloa</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wilber Zanguña</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALID.</td> <td>William Ulloa</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Wilber Zanguña</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							NOMBRE	FIRMA	FECHA	DIBUJ.	Wilber Zanguña			VERIF.	William Ulloa			APROB.	Omar Gelves			FABR.	William Ulloa				Wilber Zanguña			CALID.	William Ulloa				Wilber Zanguña		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																																		
DIBUJ.	Wilber Zanguña																																				
VERIF.	William Ulloa																																				
APROB.	Omar Gelves																																				
FABR.	William Ulloa																																				
	Wilber Zanguña																																				
CALID.	William Ulloa																																				
	Wilber Zanguña																																				
			N.º DE DIBUJO Eje piñon tensor		A4																																
			ESCALA:1:1		HOJA 49																																

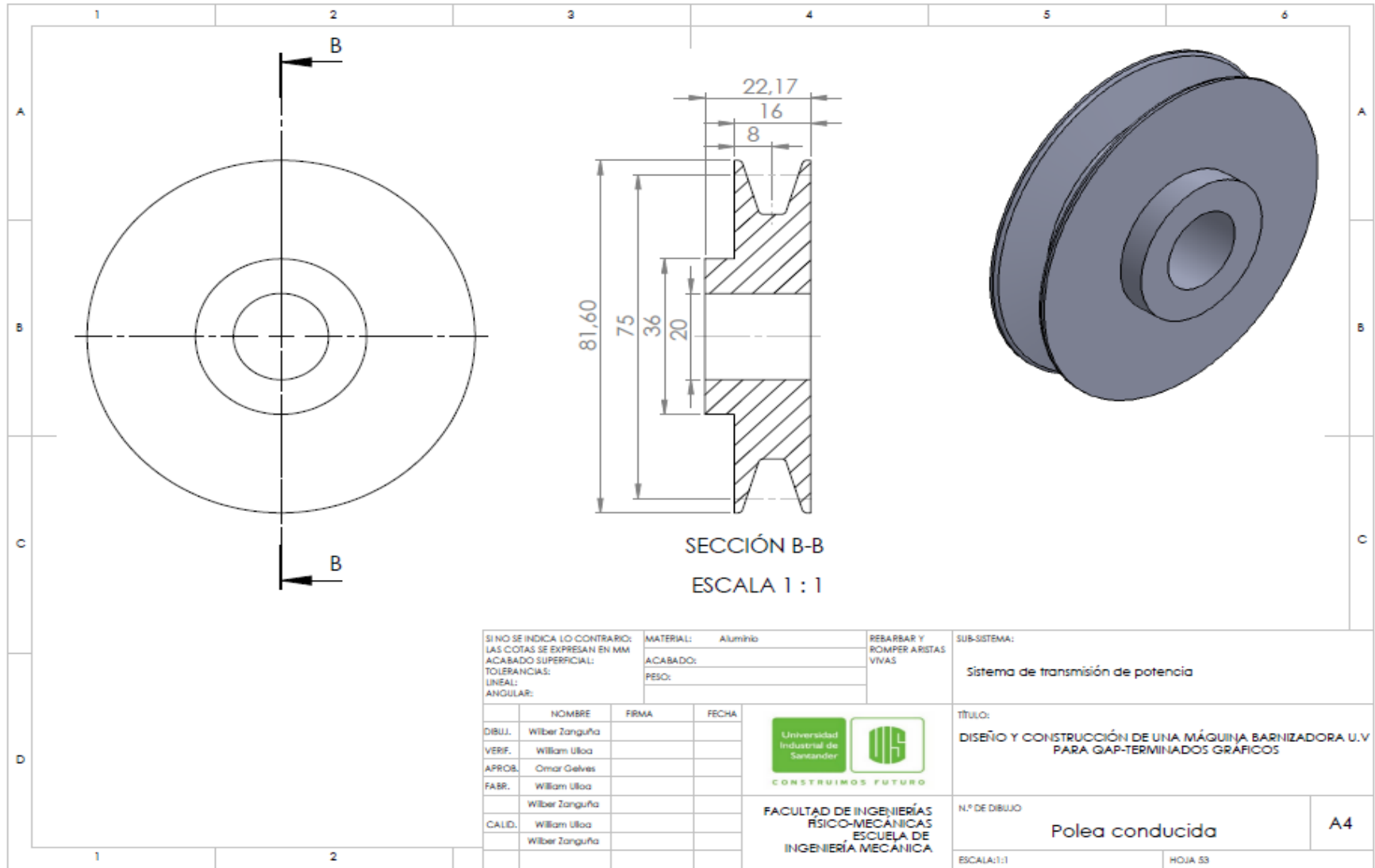


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			MATERIAL: Aluminio	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema aplicación de barniz	
			ACABADO:			
			PESO:			
	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS	
DIBUJ.	Wilber Zanguña				FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	N.º DE DIBUJO Ángulo union placa-estructura
VERIF.	William Ulloa					A4
APROB.	Omar Gelves					
FABR.	William Ulloa					ESCALA: 1:1
	Wilber Zanguña					
	William Ulloa					
	Wilber Zanguña					




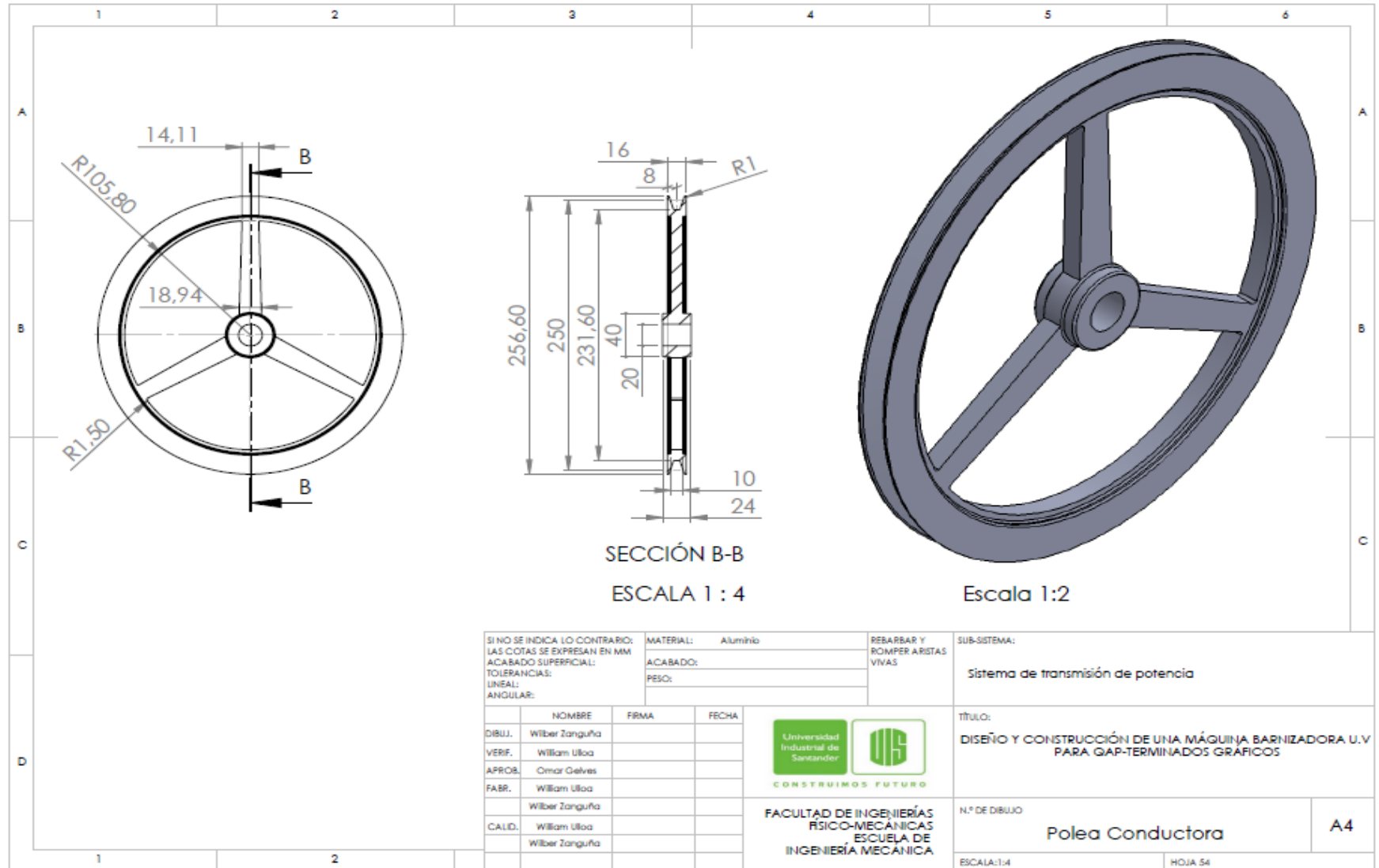


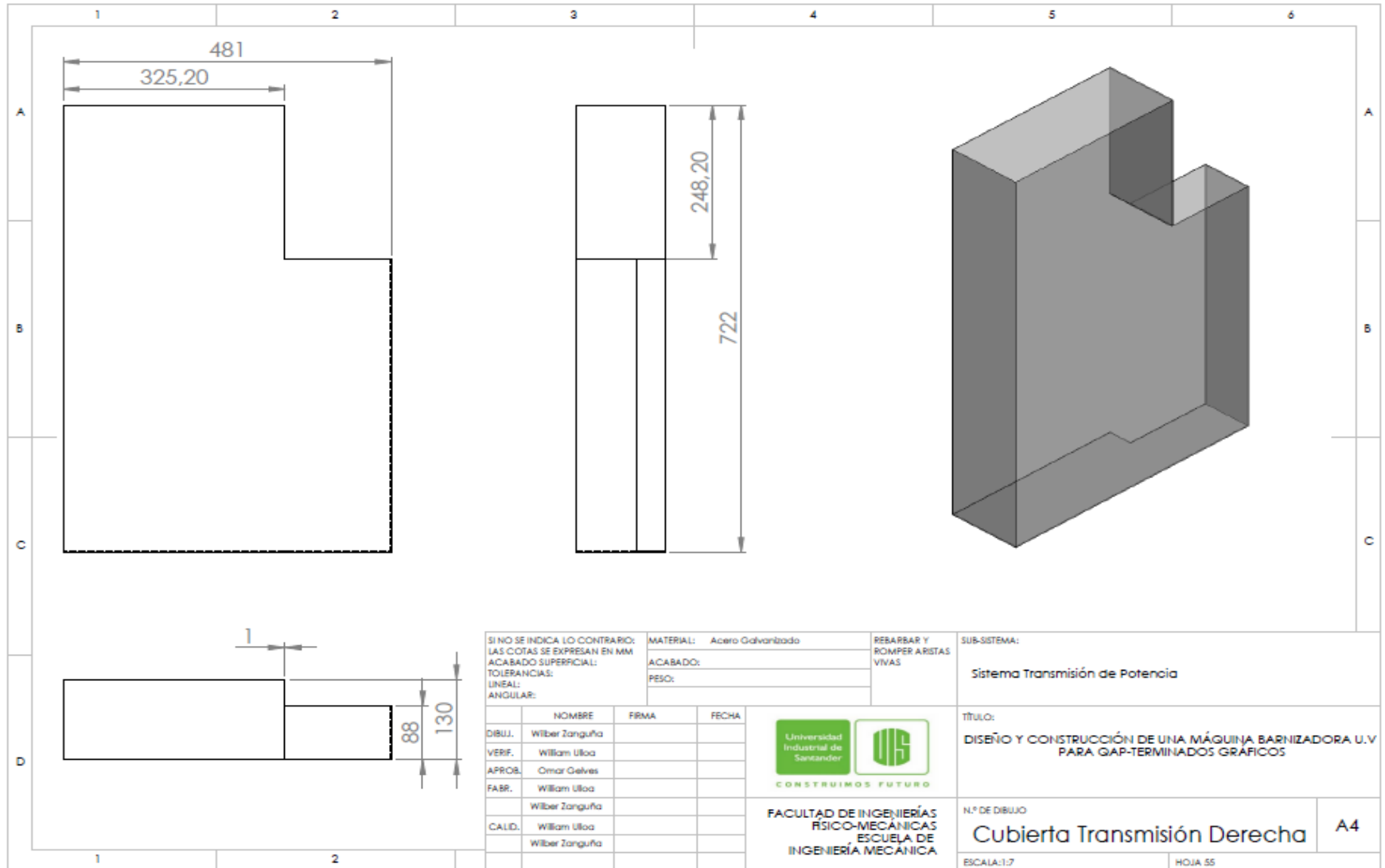
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			MATERIAL: aluminio	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema estructural
			ACABADO:		
			PESO:		
			 CONSTRUIMOS FUTURO		
			TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS		
			N° DE DIBUJO angulo de union estructura mesa		
			A4		
			ESCALA:1:1		
			HOJA 52		

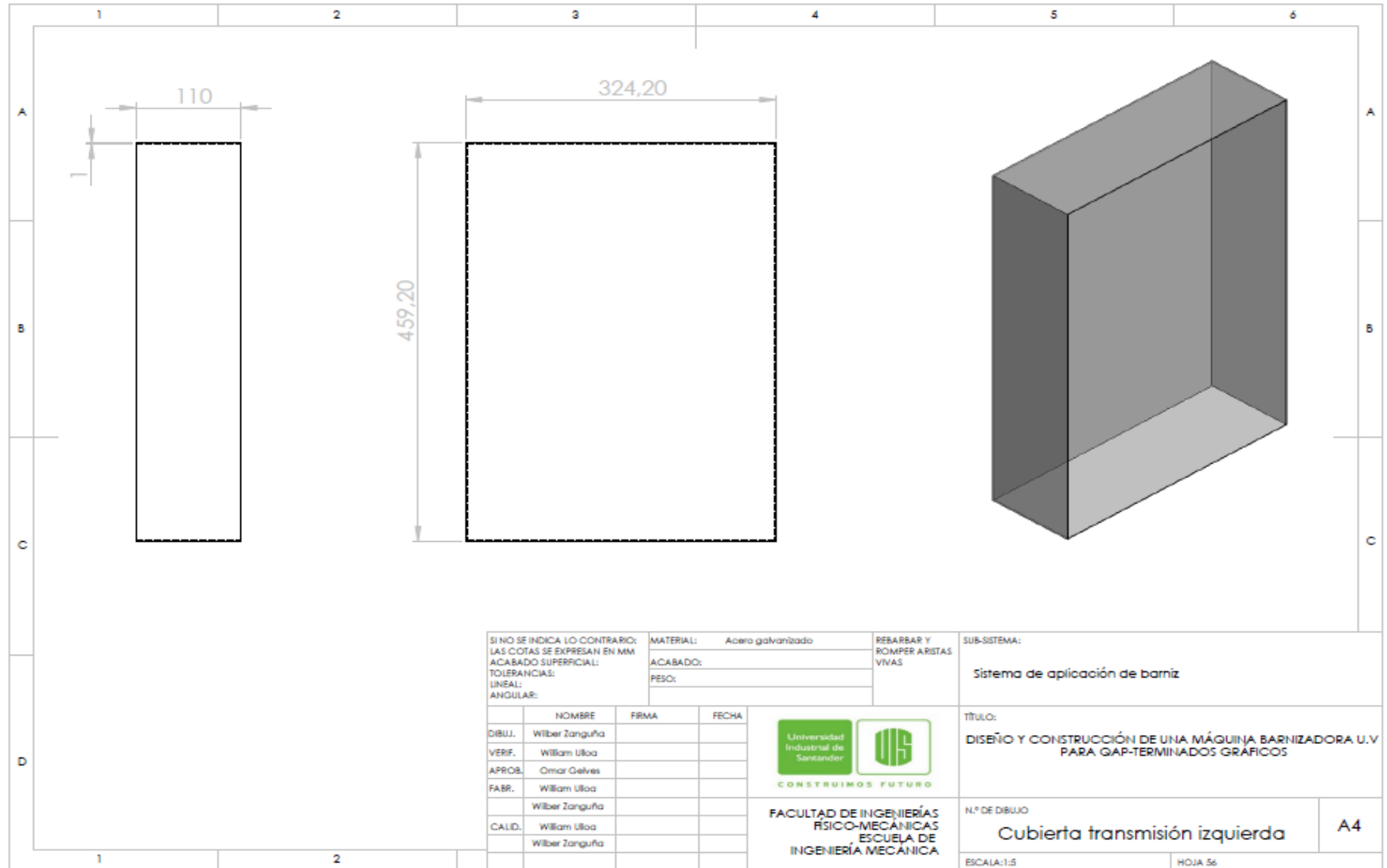



SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			MATERIAL: Aluminio	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema de transmisión de potencia
			ACABADO:		
			PESO:		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	 CONSTRUIMOS FUTURO	
DIBUJ.	Wilber Zanguña				
VERIF.	William Ulloa				
APROB.	Omar Gelves				
FABR.	William Ulloa				
	Wilber Zanguña			TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS	
CALD.	William Ulloa			N.º DE DIBUJO Polea conducida	
	Wilber Zanguña			ESCALA: 1:1	
				HOJA 53	







SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		MATERIAL: Acero galvanizado	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	SUB-SISTEMA: Sistema de aplicación de barniz
		ACABADO:		
		PESO:		
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BARNIZADORA U.V PARA GAP-TERMINADOS GRÁFICOS
DIBUJ.	Wilber Zanguña			
VERIF.	William Ulloa			
APROB.	Omar Gelvas			
FABR.	William Ulloa			
	Wilber Zanguña			
CALD.		William Ulloa		N.º DE DIBUJO Cubierta transmisión izquierda
		Wilber Zanguña		
Universidad Industrial de Santander  CONSTRUIMOS FUTURO			FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	

Anexo F. Carta de Certificación



Terminados **GRÁFICOS**

Brillante • **Mate**
Dry Brillante • **Barnizado U.V.**
Parcial y Total • **Escarchado**

Bucaramanga, Febrero 25 de 2013

Doctor
David Alfredo Fuentes Díaz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga

Apreciado Doctor Fuentes:

Yo Alirio Fonseca Granados dueño de la microempresa QAP-TERMINADOS GRAFICOS ubicada en la ciudad de Bucaramanga, me comprometo con la financiación del proyecto: **“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA BARNIZADORA UV PARA QAP-TERMINADOS GRAFICOS”** que será realizada por los estudiantes William Ricardo Ulloa Corredor con código 2080472 y Wilber Stik Zanguña Barón con código 2080454, estudiantes de IX semestre de Ingeniería Mecánica.

Cordialmente,

Alirio Fonseca Granados
4.192.789.
ALIRIO FONSECA GRANADOS
Gerente



Carrera 14 No. 41-20
Tel.: 670 0068 - Cel.: 314 725 7434
Bucaramanga - Sder.