



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO TÉCNICO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA BIG BLASTER LANZA
CONFETI CON UN ALCANCE DE TIRO DE HASTA 12 METROS IMPULSADA
POR CO₂”

AUTOR: Carlos Marcelo Borja Guevara

TUTOR: Ing. Mg. Mauricio Carrillo

AMBATO – ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del proyecto técnico, con el tema “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA BIG BLASTER LANZA CONFETI CON UN ALCANCE DE TIRO DE HASTA 12 METROS IMPULSADA POR CO₂” desarrollado por el estudiante Carlos Marcelo Borja Guevara, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, me permito informar que este ha sido concluido en su totalidad, y por tanto puede continuar con el respectivo tramite de graduación.

Ambato, 26 de Junio 2016

.....
DOCENTE INGENIERÍA MECÁNICA

Ing. Mg. Mauricio Carrillo

AUTORÍA DE TRABAJO

Declaro que los criterios expresados en el proyecto técnico denominado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA BIG BLASTER LANZA CONFETI CON UN ALCANCE DE TIRO DE HASTA 12 METROS IMPULSADA POR CO₂” así como también las ideas, análisis, conclusiones son auténticas y de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor del presente proyecto.

Ambato, Junio de 2017

EL AUTOR

.....
Marcelo Borja G.

CI: 180449275-7

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o de parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimonial de mi Proyecto Técnico con fines de difusión pública apruebo la reproducción de este Proyecto Técnico dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Junio 2017

AUTOR

.....
Carlos Marcelo Borja Guevara

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, ya revisado en su totalidad el proyecto técnico realizado por señor Carlos Marcelo Borja Guevara de la carrera de Ingeniería Mecánica, aprueban el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA BIG BLASTER LANZA CONFETI CON UN ALCANCE DE TIRO DE HASTA 12 METROS IMPULSADA POR CO₂”

Ambato, septiembre, 2017

.....
Ing. Mg. Alex Mayorga

.....
Ing. Mg. Christian Castro

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios que me dio la vida, sabiduría e inteligencia para llevar a cabo este proyecto, además que supo guiarme, dándome fuerzas para no desfallecer en mis propósitos.

A mis padres, gracias por su empeño en que sea un profesional con altos valores éticos y morales para servir a la sociedad, por los sabios consejos, la paciencia y los importantes recursos para culminar mis estudios en la Universidad Técnica de Ambato.

De manera especial a mi hijo amado a mi negrito, que me ha entregado en estos cinco años que llevamos juntos un amor incondicional que nadie me ha demostrado y espero que sean muchos más, larga vida viejo amigo.

Finalmente, a mis sobrinos Sandy, Josué y Arelly para que tomen ejemplo que las bendiciones si se las construye día a día siempre llegan.

“Desarrolla una actitud de gratitud y da las gracias por todo lo que te sucede, sabiendo que cada paso adelante es un paso hacia el logro de algo más grande y mejor que tu situación actual” **-Brian Tracy-**

AGRADECIMIENTO

A mi tutor de tesis Ing. Mg. Mauricio Carrillo por la confianza depositada en mi persona, por su motivación para que termine con ésta importante etapa de mi vida.

Al Ing. Javier Punina compañero y amigo con sus sólidos conocimientos y su apoyo desinteresado contribuyó con su granito de arena.

A M Show Eventos por permitir desarrollarme y cultivar mis conceptos de ingeniería en beneficio de la industria de los efectos especiales dando realce a cada uno de los eventos presentados por ésta importante empresa del centro del país.

A la Doctora Fernanda por ser siempre un pilar fundamental de comprensión y cariño, justo cuando te dan la espalda y la ayuda pareciera no llegar, apareció como un ángel para levantarme nuevamente como ave fénix.

Me faltarían palabras para expresar mi reconocimiento a todas las personas que me han colaborado de manera incógnita, a todos ellos, mis gracias totales.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	I
Certificación.....	II
Autoría de trabajo.....	III
Derechos de autor.....	IV
Aprobación tribunal de grado.....	V
Dedicatoria	VI
Agradecimiento	VII
Índice de tablas.....	XI
Índice de gráficos	XIII
Resumen ejecutivo	XV
Executive summary	XVI
CAPÍTULO I.....	17
1 ANTECEDENTES.....	17
1.1 Tema.....	17
1.2 Justificación.....	17
1.3 Objetivos	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos	18
CAPÍTULO II	19
2 FUNDAMENTACIÓN	19
2.1 Investigaciones previas	19
2.2 Fundamentación teórica	20
2.2.1 Dióxido de carbono.....	20
2.2.2 Propiedades físicas del dióxido de carbono	21
2.2.3 Precauciones para la salud	22

2.2.4	Manipulación de cilindros con CO ₂	24
2.2.5	Salida de CO ₂ sin sonda.....	24
2.2.6	Válvula de bola	25
2.2.7	Fligh case	26
2.2.8	Manómetro de presión.....	27
2.2.9	Lanzador de confeti.....	28
2.2.10	Ley de gases ideales	29
2.2.11	Tubo de Venturi	30
2.2.12	Impulso y cantidad de movimiento.....	31
2.2.13	Movimiento oblicuo.....	33
2.2.14	Ecuación de movimiento.....	34
2.2.15	Ecuación de la trayectoria	35
2.2.16	Número de Reynolds.....	36
2.2.17	Pérdidas de energía en el sistema.....	36
2.2.18	Diseño mecánico	38
2.2.19	Costos fijos y variables	40
CAPÍTULO III.....		42
3	DISEÑO DEL PROYECTO	42
3.1	Selección de alternativas	42
3.1.1	Selección del accionamiento	42
3.2	Cálculos modelo operativo.....	48
3.2.1	Selección del cilindro de CO ₂	49
3.2.2	Selección de papel confeti.....	49
3.2.3	Cálculo de velocidades y dimensionamiento del sistema Venturi	50
3.2.4	Cálculo de pérdidas de energía en el sistema.....	64
3.2.5	Cálculo de presión de succión de confeti	76

3.2.6	Diseño de la barra sujetadora	78
3.2.7	Diseño del perno de sujeción	82
3.2.8	Selección de ruedas y garruchas	84
3.2.9	Diseño de tolva.....	86
3.2.10	Flujograma para el funcionamiento del equipo.....	88
3.3	Presupuesto	89
3.3.1	Costos directos	89
3.3.2	Costos indirectos	92
3.3.3	Costo total del equipo.....	93
3.3.4	Análisis de costos	93
3.4	Especificaciones técnicas	95
3.5	Operaciones de construcción de máquina lanza confeti	96
3.6	Pruebas de funcionamiento y obtención de resultados	98
	CAPTULO IV	102
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
4.1	Conclusiones	102
4.2	Recomendaciones.....	103
	MATERIAL DE REFERENCIA	104
	Bibliografía	104
	Anexos.....	107
	Planos.....	127

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Propiedades físicas y químicas del dióxido de carbono.....	22
Tabla 3.1	Especificaciones técnicas máquina accionada por aire comprimido	43
Tabla 3.2	Especificaciones técnicas máquina con accionamiento eléctrico.....	43
Tabla 3.3	Especificaciones técnicas máquina accionada por dióxido de carbono..	44
Tabla 3.4	Valoración del peso específico por cada criterio	45
Tabla 3.5	Valoración del peso específico del criterio altura.....	45
Tabla 3.6	Valoración del peso específico del criterio autonomía	46
Tabla 3.7	Valoración del peso específico del criterio instalación.....	46
Tabla 3.8	Valoración del peso específico del criterio costo.....	47
Tabla 3.9	Valoración del peso específico del criterio esparcimiento.....	47
Tabla 3.10	Valoración total para alternativas de solución	47
Tabla 3.11	Especificaciones técnicas del tanque de CO ₂	49
Tabla 3.12	Ficha técnica papel confeti.....	50
Tabla 3.13	Pruebas de descarga	51
Tabla 3.14	Dimensionamiento de tuberías de descarga de CO ₂	52
Tabla 3.15	Iteración de datos	54
Tabla 3.16	Radio mínimo de curvatura para tubos de diferentes diámetros.....	57
Tabla 3.17	Extrapolación viscosidad dinámica.....	69
Tabla 3.18	Valores de Co para difusores	75
Tabla 3.19	Pérdidas en accesorios	76
Tabla 3.20	Cálculo de datos con pérdidas por accesorios.....	76
Tabla 3.21	Peso elementos que soporta la barra	82
Tabla 3.22	Material de rueda según tipo de suelo.....	85
Tabla 3.23	Costo de materiales de máquina lanza confeti	90
Tabla 3.24	Costo de elementos prefabricados de máquina lanza confeti	91
Tabla 3.25	Costo de mano de obra de máquina lanza confeti.....	92
Tabla 3.26	Costo de diseño de máquina lanza confeti	92

Tabla 3.27	Costos varios de máquina lanza confeti.....	92
Tabla 3.28	Costo total de máquina lanza confeti.....	93
Tabla 3.29	Costo total lanzar 1 Kg confeti.....	93
Tabla 3.30	Indicadores económicos 2017.....	94
Tabla 3.31	Especificaciones técnicas máquina lanza confeti.....	95
Tabla 3.32	Ficha de componentes de máquina lanza confeti.....	96
Tabla 3.33	Elaboración de elementos máquina lanza confeti.....	97
Tabla 3.34	Montaje de elementos máquina lanza confeti.....	98
Tabla 3.35	Resultados lanzamiento de confeti en espacio cerrado.....	99
Tabla 3.36	Resultados lanzamiento de confeti en espacio abierto.....	99

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 2.1	Diagrama de fases del dióxido de carbono.....	21
Figura 2.2	Efecto de los distintos niveles de CO ₂	23
Figura 2.3	Válvula de bola.....	25
Figura 2.4	Fight case comercial.....	26
Figura 2.5	Flight case tipo pull over.....	27
Figura 2.6	Manómetro de presión.....	27
Figura 2.7	Máquina eléctrica lanza confeti.....	28
Figura 2.8	Máquina manual lanza confeti.....	29
Figura 2.9	Tubo de Venturi.....	30
Figura 2.10	Diagramas de impulso y cantidad de movimiento.....	32
Figura 2.11	Movimiento parabólico.....	33
Figura 2.12	Fases del proceso de diseño.....	38
Figura 3.1	Máquina lanza confeti accionada por aire comprimido.....	42
Figura 3.2	Máquina lanza confeti con accionamiento eléctrico.....	43
Figura 3.3	Máquina lanza confeti accionada por dióxido de carbono.....	44
Figura 3.4	Máquina lanza confeti.....	48
Figura 3.5	Esquema anillo Venturi.....	51
Figura 3.6	Esquema velocidades interior y exterior del anillo.....	53
Figura 3.7	Balace de masas en el anillo Venturi.....	55
Figura 3.8	Diámetros de anillo Venturi.....	57
Figura 3.9	Esquema del difusor.....	62
Figura 3.10	Diagrama de difusores respecto variación de áreas.....	63
Figura 3.11	Dimensionamiento de difusor.....	63
Figura 3.12	Contracción súbita del CO ₂	64
Figura 3.13	Coefficiente de pérdida por contracción.....	66
Figura 3.14	Expansión súbita del CO ₂	67
Figura 3.15	Coefficiente de pérdida por expansión.....	68
Figura 3.16	Coefficiente pérdida de tee paso directo.....	69
Figura 3.17	Coefficiente pérdida válvula de bola.....	70
Figura 3.18	Codo estándar 90°.....	72

Figura 3.19 Diagrama de cuerpo libre barra sujetadora.....	78
Figura 3.20 Diagrama de fuerza cortante.....	79
Figura 3.21 Diagrama de momento flector.....	80
Figura 3.22 Esquema de perno.....	82
Figura 3.23 Dimensionamiento de la tolva.....	86
Figura 3.24 División por secciones de la tolva.....	87
Figura 3.25 Flujograma de funcionamiento de la máquina.....	89
Figura 3.26 Ángulo de tiro vs altura en espacio abierto y cerrado.....	100
Figura 3.27 Ángulo de tiro vs consumo de CO ₂ en espacio abierto y cerrado.....	100
Figura 3.28 Ángulo de tiro vs tiempo en espacio abierto y cerrado.....	101

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto técnico parte de la necesidad de abaratar costos en el alquiler de efectos especiales en la empresa M SHOW EVENTOS comenzando por la máquina lanza confeti, siendo la principal adquisición solicitada por clientes inmersos en el ámbito de espectáculos que requieren este tipo de artefactos.

Debido a que las máquinas existentes no son diseñadas para grandes alturas, se analizaron varios parámetros como ángulo de tiro, tiempo de descarga, consumo de CO₂, presión de suministro para alcanzar el objetivo deseado.

La máquina lanza confeti tipo fue construida con materiales disponibles en el mercado local, el tanque fabricado en aluminio para evitar corrosión por factores climáticos o fugas inesperadas, la activación del dióxido de carbono se realiza de forma manual, integrada con válvulas de salida tipo rosca para mayor seguridad y manómetro para constatar la presión a la que fluye el gas, el anillo Venturi con 8 orificios de salida dispuestos uniformemente en la parte superior del mismo, posibilidad de regular a 3 diferentes ángulos de tiro para ser utilizada en distintos escenarios, las ruedas delanteras giratorias y traseras con freno para dar mayor movilidad y estabilidad al equipo, el papel confeti multicolor de forma rectangular y ligero para alcanzar un efecto de caída más lento, la geometría de la tolva de almacenamiento con ángulo de inclinación para aprovechar la aspiración todo el contenido del recipiente.

Con los resultados obtenidos se muestra que el mejor ambiente para realizar el lanzamiento es en un espacio cerrado porque se evita la presencia de viento y demás factores climáticos, con ángulo de tiro de 78° puesto que se alcanza una altura de la mayor parte del confeti de 12 a 13 metros que es el principal requerimiento de la máquina, con un tiempo de descarga de 3 a 3,5 segundos y un consumo de CO₂ de 0,521 a 0,543 Kg/s. Sin embargo se mantiene la posibilidad de poder ir regulando la salida de CO₂ a través de la válvula del tanque y la válvula de esfera para poder ajustarse a la altura de los diversos escenarios donde se requiera de los servicios de alquiler del sistema.

EXECUTIVE SUMMARY

The present technical project starts from the need to reduce costs in the rent of special effects in the company M SHOW EVENTS starting with the machine launches confetti, being the main acquisition requested by clients immersed in the field of shows that require this type of artifacts.

Because the existing machines on the market are not designed for large heights, various parameters such as draft angle, discharge time, carbon dioxide consumption, supply pressure to achieve the desired target were analyzed.

The machine launches confetti type was built with materials available in the local market, the tank made of aluminum to prevent corrosion by climatic factors or unexpected leaks, the activation of carbon dioxide is done manually, integrated with output type valves thread for greater security and pressure gauge to verify the pressure to which the gas flows, Venturi ring with 8 output holes arranged evenly in the top of the same, possibility to regulate to 3 different shooting angles to be used in different scenarios, the wheels rotating front and rear with brake to give greater mobility and stability to the equipment, multicolored confetti paper of rectangular and light form to achieve a slower fall effect, the geometry of the storage hopper with inclination angle to take advantage of the suction all the contents of the container.

With the results obtained it is shown that the best environment for launching is in a closed space because it avoids the presence of wind and other climatic factors, with shooting angle of 78° since it reaches a height of most of the confetti of 12 to 13 meters that is the main requirement of the machine, with a discharge time of 3 to 3,5 seconds and a consumption of carbon dioxide of 0.521 to 0,543 kg /s. However, it remains possible to regulate the gas outlet through the tank valve and the ball valve to be able to adjust to the height of the various scenarios where system rental services are required.

CAPÍTULO I

1 ANTECEDENTES

1.1 Tema

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA BIG BLASTER LANZA CONFETI CON UN ALCANCE DE TIRO DE HASTA 12 METROS IMPULSADA POR CO₂.

1.2 Justificación

El éxito de los espectáculos, tales como conciertos de rock, eventos corporativos y otros acontecimientos depende en parte de los efectos visuales, que son retratados en la escena por grupos de actuación en diferentes escenarios que a menudo gastan cientos de miles de dólares para crear grandes espectáculos visuales, en un esfuerzo para obtener un ambiente excitante para los artistas se utilizan efectos de iluminación, láser, fuentes de agua y máquinas lanza serpentinas. En el pasado, aparatos para descargar grandes cantidades de objetos ligeros en el aire para entornos comerciales han utilizado tanques grandes de aire comprimido de carácter costosos y engorrosos, ya que no son fácilmente transportados. Después del uso, todo el depósito de aire comprimido debe ser rellenado, lo que requiere el uso de un compresor de aire. Además, es más difícil ocultar estas piezas voluminosas de equipo en un conjunto de escenografía. [1]

En Ecuador el portal oficial de eventos con nueve años de garantía junto con empresas aliadas como STAGE EFFECTS, ELIEVENTOS y ROPROEVENTOS ofertan sus máquinas de efectos especiales importadas como son: máquina de nieve, luz láser, humo bajo, máquina de niebla, máquina lanza confeti eléctricas y manuales y todo tipo de equipos para dar realce a los diferentes espectáculos realizados en nuestro país a precios bastante altos. Por ejemplo la empresa China Guangzhou OAO lighting Co. Ltd en una cotización enviada por email a M Show Eventos como se indica en [2] , de la máquina de confeti más pequeña existente en el mercado (mini confeti machine) sin incluir la bombona de CO₂ y sin contar con los recargos sobre aduanas impuestos por el gobierno ecuatoriano está por encima de los US\$670.00.

Además en nuestro país el señor Luis Fernando Saavedra gerente propietario de Firefly Shows y Eventos cotiza una máquina big blaster lanza confeti como indica en [3], en US\$3000.00 que es el precio final al que accede el cliente. Es por ello que se decide realizar la máquina más popular lanza confeti big blaster con recursos, mano de obra y materiales nacionales con lo que se pretende disminuir el costo de venta y alquiler.

El objetivo de este proyecto es cubrir la demanda de cliente de M SHOW EVENTOS en cuanto a efectos especiales se refiere siendo la máquina big blaster lanza confeti la más solicitada a la empresa en todo tipo de evento social para espacios cerrados o abiertos. Con recursos propios se logrará expandir el mercado en toda la zona del centro del país ya que mejoraríamos la competitividad a menores costos contribuyendo así con la matriz productiva del Ecuador la que nos pide seamos personas de alto emprendimiento.

Con la investigación que se propone se pueden analizar alternativas innovadoras de diseño mecánico que permitan la adaptación de nuevos elementos con tecnología fácil de manejar y transportarse para optimizar el funcionamiento del equipo. Por otra parte, se pretende profundizar los conocimientos en el área de diseño, con el fin de aprender más sobre el problema objetivo de la investigación. Se mejorarán habilidades y destrezas con el fin de compartir el conocimiento adquirido

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar y construir una máquina Big Blaster lanza confeti impulsada por CO₂ para disminuir costos de alquiler en la empresa M SHOW EVENTOS.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar parámetros de presión, tiempo y ángulo de tiro que permitan un adecuado lanzamiento del confeti
- Evaluar el consumo de la bombona de CO₂.
- Implementar una máquina Big Blaster Lanza Confeti.

CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTACIÓN

2.1 Investigaciones previas

En la Escuela Politécnica del Litoral Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción se desarrolló el tema DISEÑO DE EQUIPO PARA PRODUCIR CO₂ PELLETIZADO DE ALTA DENSIDAD donde sus autores Moreira Carrasco Jenner Christopher y Coello Llor Santiago José hablan acerca de un método de limpieza llamado Iceblasting el cual emplea pellets de CO₂ proyectados a velocidades de 300 m/s; aire comprimido con presiones de 60 a 150 Psi como agente transportador, para limpiar donde no se puedan usar abrasivos que dañen el material base o químicos contaminantes. El equipo tiene una capacidad de producción de 110 Kg/hora, es de fácil mantenimiento y la reposición de las partes es sencilla. Todas las piezas, elementos y repuestos del equipo se disponen localmente.

De acuerdo a la patente registrada por Hernández Alonso Fernando donde se construye un APARATO ESPARCIDOR DE CONFETTI, constituido de un cilindro hueco, que por una de sus bases se cierra con una tapa dispuesta de una pletina transversal con los extremos en ángulo recto orientados hacia el mismo lado para conseguir su fijación simétrica a la cara interna de la pared del cilindro mediante atornillado, que sirve para dar soporte y protección al motor eléctrico que remueve el confeti del interior del depósito a través de varias aspas arqueadas y dispuestas perpendicularmente al eje del mismo. En tanto que por el extremo opuesto se ubica un tramo troncocónico, del cual termina en el borde de la base menor con una chapa en corona circular

Según Sentías Blanch Francisco en la ciudad de Barcelona autor del DISPOSITIVO ACCIONADOR DE TUBOS ELÉCTRICOS LANZADORES DE CONFETI menciona que su máquina comprende un cable de conexión provisto de una clavija de conexión a la red eléctrica de 220 voltios, para su accionamiento y un depósito de gas

que se descarga impulsando el confeti cargadas en tubo eléctrico montados en una caja de soporte. La incorporación del mando en el cable eléctrico mencionado permite que el operario se mantenga a una distancia prudencial del tubo eléctrico durante el disparo, evitando el riesgo de accidentes, y que no pueda dispararse sin cerrar el interruptor mediante el accionamiento la llave de seguridad. De otra parte, el elemento de iluminación, incluido entre el interruptor y el pulsador del mando, permite conocer en todo momento si el interruptor accionado con la llave de seguridad se encuentra abierto, interrumpiendo la alimentación, o si se encuentra cerrado y listo para permitir la alimentación y disparo de tubo de alimentación en el momento que se presione el pulsador del mando.

Tyrone J. Reveen inventor del CAÑÓN DE CONFETI que consiste en un cilindro hueco de 18 pulgadas de longitud, posee un cartucho con 12 gramos de CO₂ desechable, que se libera de forma instantánea para provocar el efecto explosivo del confeti, montado radialmente en su base que está cubierto por una empuñadura aislada. Una válvula de liberación está ubicada entre el cartucho y el cilindro, provista de anillo tórico que impide el desperdicio del gas accionador, tiene un mecanismo de punción del cartucho que permite la descarga completa del contenido en menos de tres segundos a 30 pies de altura en el aire aproximadamente. La longitud y el diámetro del cañón se pueden variar dependiendo del tamaño de la carga útil a ser entregada, la altura a la que se desea viajar y el efecto global requerido. Experimentalmente si se desea un efecto visual de 40 pies en el aire, una unidad adecuada puede ser un cañón de 36 a 48 pulgadas que tiene un diámetro interno de 1 pulgada rango, en el que sitúa comercialmente este artefacto.

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Dióxido de carbono

El CO₂ llamado también gas carbónico gaseoso o anhídrido carbónico y en estado sólido con frecuencia llamado hielo seco, se lo puede encontrar en todas partes de la tierra alrededor del 0,03% en volumen de la atmósfera. Cuando el dióxido de carbono se disuelve en agua como por ejemplo en lagos, corrientes de agua, océanos se produce una solución diluida de ácido carbónico. [4]

Comercialmente se produce por cuatro métodos:

- La reacción entre el metano y el agua para producir gas hidrógeno.
- La combustión de carbón en presencia del aire.
- La fermentación del azúcar por medio de la levadura para obtener alcohol etílico y dióxido de carbono.
- El calentamiento de la piedra caliza.

Formado por una molécula de un átomo de carbono y dos átomos de oxígeno de la forma $O = C = O$. Es un gas incoloro, inodoro, no inflamable y ligeramente ácido que a presión constante se mantiene soluble en el agua, por el contrario, se descompone al calentarla por encima de los $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ obteniendo humos tóxicos de monóxido de carbono y reaccionando con bases fuertes y metales alcalinos los cuales podrían ignitar y explotar. [5]

2.2.2 Propiedades físicas del dióxido de carbono

El dióxido de carbono es 1,5 veces más pesado que el aire como gas a presión atmosférica. A temperaturas entre $-56,6$ y $31,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y presión de $5,2$ bar puede existir en forma líquida, por el contrario a temperaturas inferiores a $-56,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ el CO_2 puede ocurrir en estado sólido. Los tres estados físicos mostrados en la figura 2.1 son posibles en el punto triple $-56,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $5,2$ bar. [6]

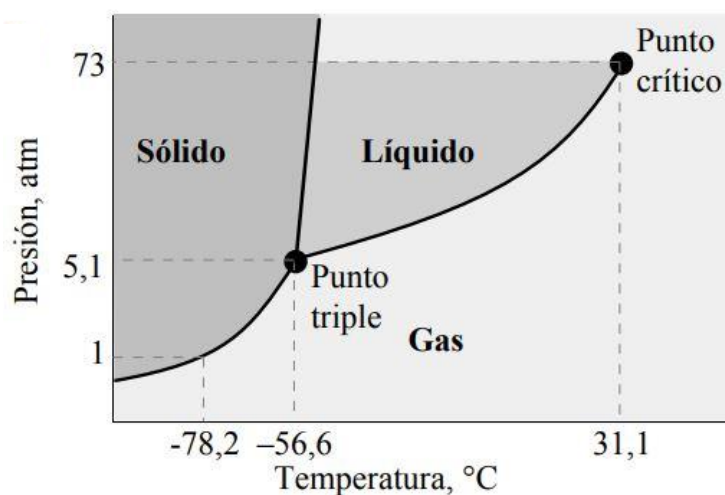


Figura 2.1 Diagrama de fases del dióxido de carbono. [7]

La intersección de las tres curvas se denomina punto triple. El punto triple representa una temperatura y una presión únicas y solamente en ese punto pueden coexistir en equilibrio las tres fases. Como el punto triple corresponde a un solo valor de la

temperatura la presión, se podrá reproducir con precisión y por ello suele tomarse como punto de referencia. Por ejemplo, el patrón de temperatura suele especificarse diciendo que el punto triple del CO₂ es exactamente -56,4°C a una presión de 5,11 atm.

Cuando el dióxido de carbono sale del cilindro a través de un regulador fijado en una presión de salida menor a 5,2 bares se obtiene CO₂ gaseoso, pero si es abruptamente liberado, se refrigera produciendo una mezcla de gas y de nieve. La presión en el cilindro es al menos de 57 bar a 20°C por lo cual 1 kilogramo de líquido se expande a 550 litros de gas a presión atmosférica. [6]

El dióxido de carbono posee ciertas propiedades físicas y químicas mostradas en la tabla 2.1

Tabla 2.1 Propiedades físicas y químicas del dióxido de carbono. [8]

PROPIEDAD	VALOR
Masa molecular	44,01 g/mol
Densidad crítica	468 kg/m ³
Concentración en el aire	370*10 ⁷ ppm
Estabilidad	Alta
Líquido	Presión <415,8 kpa
Sólido	Temperatura < -78°C
Solubilidad en agua	88 a 20°C

2.2.3 Precauciones para la salud

La inhalación de CO₂ mostrado en la figura 2.2 medidas en partes por millón, además en altas concentraciones entre 3 al 5% del volumen del aire produce cefalea, trastornos

respiratorios y malestar en general, del 8 al 10% paro respiratorio e inclusive la muerte. [9]

Efecto de los distintos niveles de CO ₂	
CONCENTRACIÓN	EFEECTO
350 - 450 ppm	Concentración atmosférica típica
600 - 800 ppm	Calidad del aire interno aceptable
1.000 ppm	Calidad del aire interno tolerable
5.000 ppm	Límite promedio de exposición en un período de ocho horas
6.000 - 30.000 ppm	Preocupación, solo exposición breve
3 - 8%	Incremento de la frecuencia respiratoria, dolor de cabeza
> 10%	Náuseas, vómitos, pérdida de conocimiento
> 20%	Pérdida de conocimiento repentina, muerte

Figura 2.2 Efecto de los distintos niveles de CO₂. [10]

El efecto fisiológicamente perjudicial del dióxido de carbono no se debe a la falta de oxígeno sino al contacto directo del gas por lo cual conviene considerar las siguientes precauciones de seguridad:

Cualquier descarga de dióxido de carbono de una instalación de una válvula de seguridad debe estar ventada al aire libre además de los locales que contienen este tipo de sistema.

Únicamente se debe entrar con un aparato autónomo de respiración a las zonas donde grandes cantidades de CO₂ se han recogido, esto se aplica también a personas que han sido afectadas y necesitan de una atención urgente.

Si repentinamente se produce emisión de CO₂ se dará prioridad a las zonas bajas como sótanos y pozos donde el riesgo de acumulación es altamente peligroso.

Se considera también parte de la zona amenazada a los lugares donde a través de conductos, aberturas en las paredes, sistemas de ventilación o aire acondicionado pasa el gas, teniendo en cuenta que se deben hacer las respectivas pruebas cuando no hay nadie presente en el área afectada.

El dióxido de carbono también puede ser peligroso para las personas cuando ha sido enfriado por expansión al entrar en contacto con la piel en forma de aerosol o nieve puede producir dolorosas quemaduras criogénicas especialmente en tejidos sensibles como la córnea, inclusive en grandes áreas expuestas por congelación puede causar la muerte.

2.2.4 Manipulación de cilindros con CO₂

De acuerdo con el código de recipientes a presión un cilindro puede contener hasta 0,75 kilogramos de dióxido de carbono por litro de volumen de cilindro, mediante este factor de relleno se garantiza que la presión dentro del cilindro no aumente considerablemente incluso con un ligero aumento de temperatura el cual puede explotar tan solamente con la exposición a la luz. En todo caso la transferencia de CO₂ no autorizada de un cilindro a otro es altamente no recomendada ya que constituye un riesgo de seguridad y lo debe hacer únicamente personal capacitado.

La corrosión generada por ácido carbónico (dióxido de carbono disuelto en agua) en los cilindros que son fabricados de acero al carbono provocan una disminución en sus paredes por tanto deben ser protegidos de la humedad o fluidos acuosos como el agua, cerveza, limonada o líquidos en general, es por eso que en la planta de abastecimiento los cilindros deben ser revisados antes de proceder al llenado y si es necesario secarlos. Otra precaución a tener en cuenta es la instalación de una válvula anti retorno y válvulas de seguridad manteniéndolas cerradas después de la descarga hasta una presión residual de alrededor de 5 bar para evitar que el aire húmedo o que líquidos entren al cilindro. Este tipo de válvulas deben tener un dispositivo de sobrepresión en forma de cápsula de seguridad que se sujeta con una tuerca de acoplamiento para evitar la descarga indeseada e involuntaria del gas. [9]

2.2.5 Salida de CO₂ sin sonda

En los cilindros sin sonda el CO₂ se evapora continuamente de la fase líquida y emerge como un gas a una velocidad limitada el cual es retirado de la parte superior del cilindro. Deben ser utilizados con un regulador de presión de gas por lo que la presión puede ser reducida a un nivel apropiado para el propósito dispuesto.

Siempre que el gas está siendo retirado, los cilindros deben encontrarse en forma vertical, un cilindro colocado en forma horizontal provocaría la liberación de CO₂ líquido que puede hacer que el dispositivo de suministro se obstruya o se congele por la presencia de nieve carbónica y que la válvula sea difícil de operar. Para evitar este inconveniente cuando necesitan cantidades grandes de dióxido de carbono se utilizan varios cilindros o se calientan con agua máximo a 50°C y nunca directamente con una llama. Una aplicación importante para los cilindros de CO₂ sin sonda son la distribución de bebidas. [9]

2.2.6 Válvula de bola

A modo general una válvula es un dispositivo con características móviles que permite abrir y cerrar una vía de circulación con el fin de permitir, prevenir o controlar el flujo de fluidos.

Las válvulas de bola ofrecen muy buena capacidad de cierre y son prácticas porque para abrir y cerrar la válvula es tan sencillo como girar $\frac{1}{4}$ de manivela, otra característica es la disminución del riesgo de fuga de la glándula sello, que resulta debido a que el eje de la válvula solo se tiene que girar 90°. Esta válvula es para uso exclusivo en la posición totalmente abierta o cerrada, no es adecuada para su uso en una posición de apertura parcial para ningún propósito, tal como el control de caudal.

La válvula de bola hace uso de un anillo suave conformado en el asiento de la válvula. Si la válvula se utiliza en posición parcialmente abierta, la presión se aplica a sólo una parte del asiento de la válvula, lo cual puede causar que el asiento de la válvula se deforme. Si el asiento de la válvula se deforma, sus propiedades de sellado se vulneran y fugará el fluido constantemente. [10]

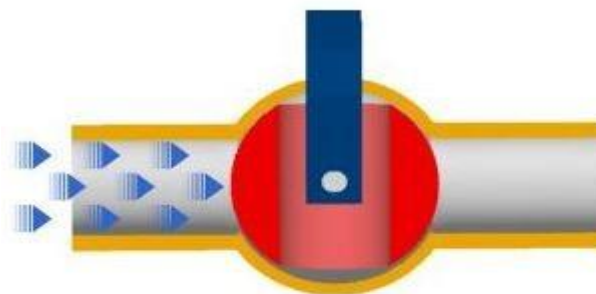


Figura 2.3 Válvula de bola. [10]

2.2.7 Flight case

Se denomina flight case al contenedor o caja especial ligera y resistente que se emplea para el manejo y transporte de forma segura y confiable de equipamientos que requieren una determinada protección en condiciones ambientales especiales. [11]

Originariamente se usaban para llevar de un escenario a otro, instrumentos musicales, equipos de sonido e iluminación, material audiovisual, mangueras y demás cables de conexión. Hoy en día los flight case se utilizan también para trasladar material para la grabación de programas de televisión, cine y teatro, así como laboratorios móviles, material de campaña militar, industria médica, etc. Este tipo de almacenajes se hacen a medida en cualquier dimensión, con tableros de madera de entre 5 y 12 mm de espesor recubiertos de fórmica, perfilaría acanalada de aluminio y herrajes de acero galvanizado como se muestra en la figura 2.4



Figura 2.4 Flight case comercial. [12]

- **Tipo pull-over**

Estuches cases especialmente diseñados para equipos pesados y de difícil manejo. Su configuración permite que el equipo no sea el que tenga que retirarse del estuche, si no la tapa al ser ésta más grande que la base. Facilidad y movilidad para maniobrar tu equipo y proteger la salud de las personas que lo utilizan. [11]

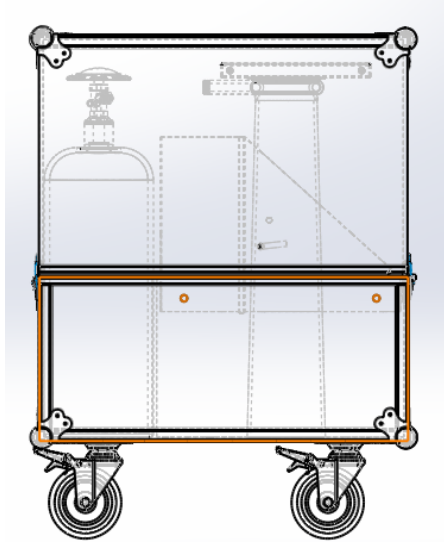


Figura 2.5 Flight case tipo pull over. [11]

2.2.8 Manómetro de presión

Un manómetro de presión es un dispositivo utilizado para medir la presión de un gas o líquido. Son indicadores analógicos con un dial circular y un puntero accionado mecánicamente que han estado en uso durante décadas. En muchas aplicaciones modernas el manómetro analógico está siendo sustituido por manómetros digitales con una pantalla digital y características adicionales, tales como incorporación de alarmas analógicas, digital o retransmisión inalámbrica del valor indicado. Este tipo de manómetro que se indica en la figura 2.6 se fabrica a menudo en un soporte de alojamiento de proceso que es similar en tamaño y forma a los manómetros analógicos tradicionales haciéndolos intercambiables. [13]



Figura 2.6 Manómetro de presión. [13]

2.2.9 Lanzador de confeti

Según el Ministerio de la Presidencia de España en el real decreto 230/1998 define como lanzador de confeti, serpentinas y similares al artificio con una superficie abrasiva en contacto deslizante con una composición sensible a la fricción y diseñado para mantenerlo en la mano el cual produce una pequeña detonación con lanzamiento de serpentinas, confeti y similares que se encuentra contenido en su interior. [14]

- **Tipos de máquinas lanza confeti**

- a) **Máquinas electrónicas**

Están diseñada para disparar cañones eléctricos como se muestra en la figura 2.7, prellenados de confeti o serpentinas de varios colores, incluyendo fluorescente, UV y metálico de un solo uso, disponibles en tamaños de 40 y 80 cm utilizados eventualmente en espacios pequeños o cerrados. Los cañones contienen una cápsula presurizada de nitrógeno que lanza confeti con una dispersión de hasta 12 metros, funciona como un dispositivo “plug and play” con fuente de alimentación de 240 V/50-60 Hz y un pico de potencia de 100 watts. Dependiendo del modelo puede llegar a pesar hasta 1,7 kg y 166 milímetros de altura sin contar con el cañón, cada máquina cuenta con tres salidas completamente independientes una de la otra y se pueden disparar a distancia del control de mando, disponen de soportes para poder girar dependiendo de la zona a cubrir la descarga efectuada. [15]



Figura 2.7 Máquina eléctrica lanza confeti [15]

b) Máquinas manuales

Comercialmente denominados equipos big blaster mostrado en la figura 2.8, estos equipos fueron diseñados para espacios abiertos y cerrados de gran altura, con capacidad de lanzar confeti de diferentes formas como rectangular, circular, personalizado, desde 1kg hasta 25kg, esto dependerá del tipo de tanque empleado y de la operación manual a nivel de piso o sobre plataformas para ganar altura y de esta forma tener mayor alcance el cual puede ser de 10 a 15 metros. Brindan una mayor seguridad ya que cuentan con manómetro, válvula anti retorno, válvula de seguridad, manguera de alta e activan manualmente con dióxido de carbono en presentaciones de 9kg, 20 kg y 25 kg según el requerimiento. [16]



Figura 2.8 Máquina manual lanza confeti. [16]

2.2.10 Ley de gases ideales

El gas ideal es un gas teórico compuesto por partículas de puntos similares que se transportan aleatoriamente donde el tamaño y las fuerzas intermoleculares son insignificantes, las moléculas de los gases ideales ocasionan colisiones elásticas entre sí y también contra las paredes del recipiente que lo contiene. [17]

Cuando aumenta la presión, el volumen baja, mientras que si la presión disminuye el volumen aumenta. No es necesario conocer el valor exacto de la constante para poder hacer uso de la ley.

Realmente los gases reales no se comportan realmente como gases ideales, pero constantemente se utiliza una aproximación para describir su comportamiento. En esta ley se establece una relación entre la presión y una cierta cantidad de gas, temperatura y volumen según la ecuación mencionada a continuación. [17]

$$pV = nRT \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde

p = presión [Pa]

V = Volumen del gas [m^3]

n = cantidad de gas [mol]

R = constante universal de los gases ideales (= 8,3145 J/mol K)

T = temperatura [K]

2.2.11 Tubo de Venturi

El medidor de Venturi es el flujómetro más preciso en el cual la contracción y expansión graduales evitan la separación de flujo y los remolinos además que solo tiene pérdidas de fricción en superficies de pared interior, este tipo de medidores causan pérdidas de carga muy bajas, es decir se debe preferir para aplicaciones que no permitan grandes caídas de presión. [18]

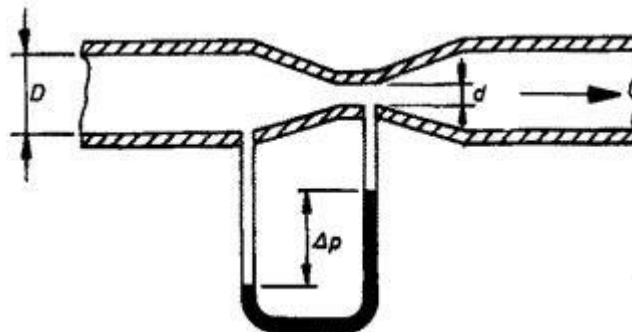


Figura 2.9 Tubo de Venturi. [19]

El flujo que viene de la tubería principal de la sección 1 se acelera a través de la sección estrecha denominada garganta donde la presión del fluido disminuye para luego expandirse a través de una sección divergente que tiene el mismo diámetro de la tubería principal. Se colocan tomas de presión en la pared del tubo de la sección 1 y la pared de la garganta o sección 2. Estas tomas de presión se conectan a ambos lados de un manómetro diferencial en tal sentido que la deflexión h sea la diferencia de presión $p_1 - p_2$. Se emplea la ecuación de la energía y de la continuidad para calcular el flujo volumétrico. [20] Con la utilización de las secciones de la pared del tubo y la garganta como puntos de referencia se escriben las siguientes ecuaciones:

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Donde:

P_1 y P_2 = presión en el punto 1 y 2 [Pa]

ρ = densidad del fluido [Kg/m^3]

g = aceleración de la gravedad [m/s^2]

z_1 y z_2 = diferencia de altura entre el punto 1 y 2 [m]

v_1 y v_2 = velocidad en el punto 1 y 2 [m/s]

A_1 y A_2 = área de la sección del conducto por donde circula el fluido [m^2]

2.2.12 Impulso y cantidad de movimiento

La ecuación conocida como principio de impulso y cantidad de movimiento lineal es útil para resolver problemas que implican fuerza, velocidad y tiempo que puede escribirse como:

$$\sum F = ma = m \frac{dv}{dt} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

o

$$\sum \int_{t_1}^{t_2} F dt = mv_2 - mv_1$$

Ecuación 2.5

Donde:

m = masa [kg]

F = fuerza [N]

v = velocidad [m/s]

Cada uno de los vectores de la forma $L = mv$ de la ecuación se conoce como la cantidad de movimiento lineal de la partícula, como m es un escalar positivo el vector de cantidad de movimiento lineal tiene la misma dirección que v y su magnitud mv tiene las mismas unidades de masa-velocidad. La figura 2.10 muestra los diagramas de impulso y cantidad de movimiento. [21]

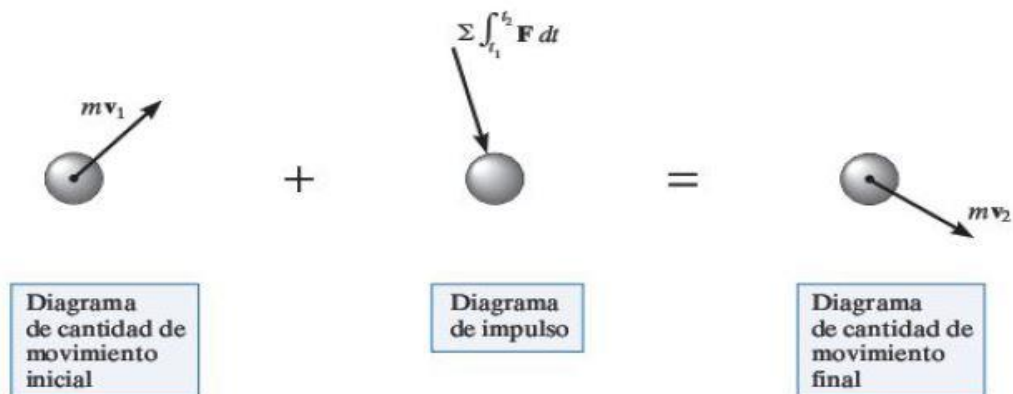


Figura 2.10 Diagramas de impulso y cantidad de movimiento [21]

La integral $I = \int F dt$ en la ecuación se conoce como impulso lineal, es una cantidad vectorial que mide el efecto de una fuerza durante el tiempo en que la fuerza actúa, como el tiempo es un escalar positivo, el impulso actúa en la misma dirección que la fuerza, y su magnitud tiene unidades de fuerza-tiempo, se escribirá de la forma:

$$I = F_c(t_2 - t_1)$$

Ecuación 2.6

También se puede describir el impulso de un proyectil con relación a su peso, la gravedad específica y la velocidad con la que es lanzado así:

$$I = \frac{W}{g}(V_o) \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Donde:

W = peso del cuerpo [kg]

V_o = velocidad inicial [m/s]

2.2.13 Movimiento oblicuo

Un estudio primordial acerca del tiro parabólico, más precisamente acerca de las variables que deberían influir en el alcance y la altura del lanzamiento. Se considera que los factores influyentes deberían ser la velocidad inicial del lanzamiento (V_o), el ángulo inicial (α) y el valor de la aceleración de la gravedad (g).

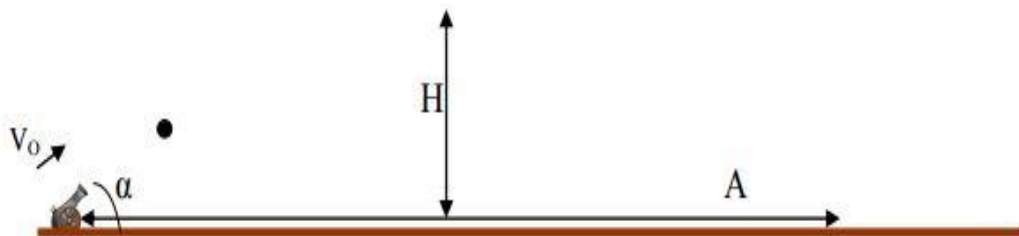


Figura 2.11 Movimiento parabólico. [22]

La influencia de la velocidad inicial V_o para un determinado ángulo, tanto el alcance como la altura serán mayores cuanto mayor sea dicha velocidad, V_o , excepto para los casos de que el lanzamiento fuera vertical ($\alpha = 90^\circ$) u horizontal ($\alpha = 0^\circ$) en los que el alcance debería ser nulo, con independencia de cuál sea la velocidad de lanzamiento. Si $V_o = 0$, tanto el alcance A , como la altura H del lanzamiento, serán nulos. Si, por el contrario la velocidad del lanzamiento se hiciera ilimitadamente grande ($V_o \rightarrow \infty$) el alcance y la altura también tenderían a aumentar de forma ilimitada. [22]

Mientras el ángulo esté por debajo de 45° , resulta evidente que al aumentar el ángulo ha de aumentar el alcance, pero cuando se supera los 45° el lanzamiento se hace más vertical (y menos horizontal) al aumentar el disminuye el alcance, el alcance máximo se produce cuando el ángulo inicial es 45° . En resumen:

Para $0^\circ < \alpha < 45^\circ$, si α aumenta, A aumenta

Para $45^\circ < \alpha < 90^\circ$, si α aumenta, A disminuye

Para $\alpha = 0^\circ$ ó $\alpha = 90^\circ$, $A = 0$

Para $\alpha = 45^\circ$ el alcance A es máximo

2.2.14 Ecuación de movimiento

Para escribir las ecuaciones se plantea un movimiento teórico de avance horizontal uniforme con velocidad $v_x = v_0 \cos\alpha$ que es la componente horizontal de la velocidad inicial. [22]

$$a_x = 0 \quad \text{Ecuación 2.8}$$

$$v_x = v_0 \cos\alpha \quad \text{Ecuación 2.9}$$

$$x = v_0(\cos\alpha).t \quad \text{Ecuación 2.10}$$

El movimiento teórico vertical es uniformemente acelerado, con velocidad inicial $v_y = v_0 \sin\alpha$ que es la componente vertical de la velocidad inicial y sometida a la aceleración g.

$$a_y = -g \quad \text{Ecuación 2.11}$$

$$v_y = -gt + v_0 \sin\alpha \quad \text{Ecuación 2.12}$$

$$y = -\frac{g \cdot t^2}{2} + v_0(\sin\alpha).t \quad \text{Ecuación 2.13}$$

$$t = \frac{2V_{0y}}{g} \quad \text{Ecuación 2.14}$$

2.2.15 Ecuación de la trayectoria

Se obtiene la expresión que da en todo momento la coordenada vertical de la posición en función de la coordenada horizontal. La representación de esta función $y = f(x)$ es la trayectoria del movimiento. Se trata de una parábola simétrica respecto de un eje vertical que pase por el punto de altura máxima. [22]

$$y = x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \quad \text{Ecuación 2.15}$$

$$X_{max} = \frac{V_0^2 \text{sen}(2\theta)}{g} \quad \text{Ecuación 2.16}$$

Una forma de hallar la altura máxima del lanzamiento se basa en considerar que en la posición de máxima altura la velocidad es horizontal. Es decir:

Para $y = H$

$$v_y = -gT_H + v_0 \text{sen} \alpha = 0 \quad \text{Ecuación 2.17}$$

$$T_H = \frac{v_0 \text{sen} \alpha}{g} \quad \text{Ecuación 2.18}$$

La altura máxima, se calcula sustituyendo H en la ecuación de la posición vertical

$$H = \frac{v_0^2 \text{sen}^2 \alpha}{2g} \quad \text{Ecuación 2.19}$$

Donde:

α = ángulo inicial de lanzamiento [°]

t = tiempo transcurrido [s]

H = altura máxima alcanzada [m]

2.2.16 Número de Reynolds

El comportamiento de un fluido en particular en lo que se refiere a pérdidas de energía depende de que el flujo sea laminar o turbulento, por lo que se necesita un medio para predecir el tipo de flujo sin tener que observarlo en realidad. El carácter del flujo en un tubo redondo depende de cuatro variables: la densidad del fluido, su viscosidad, el diámetro del tubo y la velocidad promedio del flujo. La ecuación siguiente muestra la definición básica del número de Reynolds. [23]

$$N_R = \frac{V\phi\rho}{\eta} \quad \text{Ecuación 2.20}$$

Donde:

η = viscosidad dinámica [Ns/m^2]

ϵ = rugosidad [m]

N_R = número de Reynolds [adimensional]

$\frac{\phi}{\epsilon}$ = rugosidad relativa [adimensional]

Si $N_R < 2000$, el flujo es laminar

Si $N_R > 4000$, el flujo es turbulento

2.2.17 Pérdidas de energía en el sistema

En los sistemas hay dos clases de pérdidas de energía que hacen que la presión caiga a lo largo de la trayectoria del flujo, las pérdidas por fricción ocurren conforme el flujo pasa a través de secciones rectas, mientras que las pérdidas dinámicas suceden cuando pasan a través de acoplamientos como tes y yes y a través de dispositivos para controlar el flujo. [23]

Las pérdidas dinámicas se estiman con datos publicados por fabricantes de dispositivos especiales de coeficientes de pérdida de energía. Sin embargo, la pérdida de un acoplamiento se calcula en función del coeficiente de pérdida y la presión de velocidad o carga de velocidad [23], que se define como:

$$H_v = \frac{\gamma_a v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2.21}$$

Donde:

H_v = carga de velocidad [Pa]

v = velocidad del flujo

H_L = pérdida de energía [Pa]

γ_a = peso específico [N/m^3]

k = coeficiente de pérdida [adimensional]

Se estiman las pérdidas por fricción por medio de la ecuación de Darcy para gases

$$H_L = f_T * \frac{L}{\phi} * \frac{\gamma_a v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2.22}$$

$$H_L = C(H_v) \quad \text{Ecuación 2.23}$$

La ecuación directa para el factor de fricción en un flujo turbulento [23], se desarrollará de la siguiente manera:

$$f_T = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7 \left(\frac{\phi}{\epsilon} \right)} + \frac{5,74}{N_R^{0,9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ecuación 2.24}$$

Donde:

N_R = número de Reynold [adimensional]

ϵ = rugosidad de materiales [m]

ϕ = diámetro por donde circula el fluido [m]

2.2.18 Diseño mecánico

Diseñar se trata de formular un mecanismo para satisfacer una necesidad requerida o resolver un problema, si se crea algo tangible, éste producto debería ser seguro, confiable, útil, funcional, que pueda fabricarse y comercializarse sin importar quien lo construya o lo use.

Algunas veces en el diseño se deben tomar decisiones tentativas, por lo que es conveniente realizar ajustes a medida que el proyecto vaya avanzando. [24]

- **Fases del proceso de diseño**

El proceso de diseño comienza con la identificación de una necesidad mostrada en la figura 2.12 y la decisión de hacer algo al respecto el cual es iterativo ejecutándose a través de varios pasos, donde se evalúan los resultados y se regresa a una fase inicial.

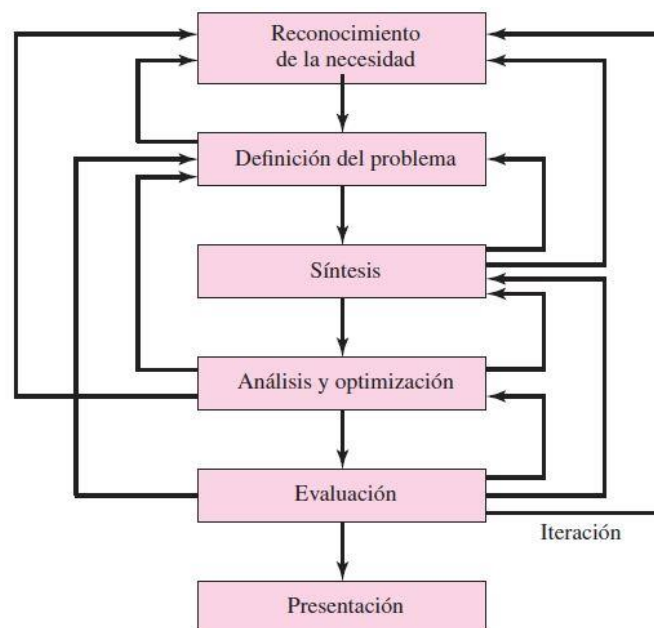


Figura 2.12 Fases del proceso de diseño. [24]

A menudo se debe considerar muchas características en una situación de diseño dada que influyen ya sea en una parte del sistema o en todo su conjunto. Entre las más importantes se pueden tener.

- Costo
- Tamaño y peso

- Funcionalidad
- Seguridad
- Resistencia / esfuerzo

Considerando la comparación esfuerzo-resistencia en un punto crítico, lo que se quiere es conservar la resistencia en la geometría y condiciones de uso. Las resistencias son magnitudes de esfuerzos donde ocurre algo de interés. [24]

La resistencia es una propiedad inherente de un material o un elemento mecánico, el cual depende de la elección, el tratamiento y el procesamiento del material como el forjado, laminado y formado en frío.

- **Esfuerzos de flexión**

Si la viga está sujeta a momento flexionante el esfuerzo en cualquier punto puede calcularse con la fórmula de la flexión:

$$F_b = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ecuación 2.25}$$

Dado entonces un momento flexionante M , si la viga se va a diseñar para un cierto esfuerzo permisible F_b , el módulo de sección necesario para que la viga tenga suficiente resistencia a la flexión [25], se puede dar con la fórmula:

$$S = \frac{M}{F_b} \quad \text{Ecuación 2.26}$$

El momento límite permitido por el método de esfuerzos permisibles es el momento para el cual los esfuerzos en las fibras más alejadas del eje neutro alcanzan el valor del esfuerzo de fluencia. Sin embargo, la verdadera resistencia a flexión de una viga es mayor que este valor comúnmente usado porque la viga no falla bajo esta condición [25]. Para la mayoría de casos, el esfuerzo permisible por flexión es:

$$F_b = 0,66 S_y \quad \text{Ecuación 2.27}$$

Donde:

I = módulo de sección [plg^3]

F_b = esfuerzo de flexión [$Kpsi$]

M_c = momento flexionante [$lb.plg$]

S_y = resistencia a la fluencia [$Kpsi$]

- **Diseño de Pernos**

Cuando se desea realizar una conexión que se pueda desensamblar sin el empleo de métodos destructivos y que sea suficientemente fuerte para resistir cargas externas de tensión, cargas debidas a momentos y cargas de cortante, una buena solución es la unión atornillada simple, resultando peligrosa a menos que se diseñe de manera adecuada [24]. Entonces el esfuerzo en el perno será definido por:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 2.28}$$

Ciertamente, la utilización de un perno con una precarga inicial y, algunas veces un remache, pondrá el área alrededor del agujero en compresión y de esta manera tenderá a anular los efectos de la concentración del esfuerzo, pero a menos que se tomen medidas definidas para asegurar que la precarga no se relaje [24], el diseño se realiza de manera conservadora, para lo cual se tiene el factor de seguridad:

$$\eta = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad \text{Ecuación 2.29}$$

Donde:

τ = esfuerzo cortante [$Kpsi$]

η = factor de seguridad [adimensional]

S_{sy} = resistencia de fluencia al cortante [$Kpsi$]

2.2.19 Costos fijos y variables

Hoy en día en general el precio de un producto está definido por el mercado y el margen de utilidad que se desea obtener de acuerdo a cotizaciones referenciales, es así

que los costos fijos son aquellos en los que incurre la empresa y que en el corto plazo o para ciertos niveles de producción, no dependen del volumen de productos. En cambio, los costos variables son los que guardan dependencia importante con el volumen de actividad de la empresa. [26]

Dentro de la visión general, el costo total es la suma del costo fijo total con el costo variable total, el costo variable total consta del producto entre el costo variable unitario y la cantidad, de manera que se tiene la siguiente relación:

$$CT = CF + Cv * Q \quad \text{Ecuación 2.30}$$

Donde:

CT = Costo total [dólares]

CF = Costo Fijo [dólares]

Cv = Costo variable [dólares]

Q = Cantidad de producto [dólares]

PVP = Precio de venta al público [dólares]

- **Costo de oportunidad**

El costo de oportunidad es un cálculo que expresa la rentabilidad de un producto o servicio, mientras más alto sea el número, más rentable es la compañía. Un margen de ganancia bajo puede indicar un problema que interfiere con el potencial de rentabilidad, incluyendo altos gastos innecesarios, problemas de productividad o problemas de gestión. [26]

Se expresa como valor porcentual de la siguiente forma:

$$ke = fr + (km - fr) + i \quad \text{Ecuación 2.31}$$

Donde:

ke = costo de oportunidad [%]

fr = tasa libre de riesgo [%]

km = tasa de mercado [%]

i = inflación [%]

CAPÍTULO III

3 DISEÑO DEL PROYECTO

3.1 Selección de alternativas

3.1.1 Selección del accionamiento

Se procede a elegir el tipo de accionamiento que impulsará el confeti hasta la altura deseada. Los criterios a analizar son:

Altura

Autonomía

Instalación

Esparcimiento

Costo

Alternativa 1: Accionamiento mediante aire comprimido

Mediante el accionamiento con aire comprimido acumulado en el tanque de 8 bares de presión como se observa en la figura 3.1, se realizan los disparos de confeti o serpentinas. Posee una capacidad de aproximadamente 300-400 gramos de almacenamiento, tirándolas a una distancia de hasta 10 metros por sobre el nivel del piso. Un control remoto inalámbrico incluido en la máquina con un voltaje de 220 voltios, con un costo en el mercado de 2849 dólares sin incluir el compresor. [27]



Figura 3.1 Máquina lanza confeti accionada por aire comprimido. [27]

Especificaciones Técnicas

Tabla 3.1 Especificaciones técnicas máquina accionada por aire comprimido. [27]

Alcance	10 metros
Presión	116 Psi
Capacidad	0,35 kilogramos de confeti
Accionamiento	Aire comprimido mediante compresor
Dimensiones	290 x 250 x 650 milímetros
Potencia	15 Watts
Esparcimiento	Limitado
Costo	2849 dólares

- **Alternativa 2: Accionamiento eléctrico**

Este tipo de accionamiento especificado en la figura 3.2 es ideal para escenarios en interior, así como para locales o lugares donde se disponga de mediana altura. Su funcionamiento es sencillo, basta con introducir el confeti en el interior de la máquina y conectarlo a la red para que comience a salir alcanzando una altura aproximada de 5 metros. Posee mando a control remoto inalámbrico y DMX. [27]



Figura 3.2 Máquina lanza confeti con accionamiento eléctrico. [27]

Especificaciones Técnicas

Tabla 3.2 Especificaciones técnicas máquina con accionamiento eléctrico. [27]

Alcance	5 metros
Voltaje	220 Voltios
Capacidad	0,5 kilogramos de confeti
Accionamiento	Eléctrico
Dimensiones	540 x 280 x 280 milímetros
Potencia	1200 Watts
Esparcimiento	Limitado
Costo	375 dólares

- **Alternativa 3: Accionamiento mediante dióxido de carbono**

El dióxido de carbono permite impulsar el confeti a mayor altura (a partir de 12 metros) que las de los anteriores tipos de accionamiento debido a que el tanque que lo suministra posee una presión interna de 870 Psi. El esparcimiento del confeti es amplio gracias al cono dispersor diseñado para no perder demasiada presión al final del sistema y se puede almacenar más de 1 kilogramo en el interior de su tolva como en la figura 3.3. [27]



Figura 3.3 Máquina lanza confeti accionada por dióxido de carbono [27]

Especificaciones Técnicas

Tabla 3.3 Especificaciones técnicas máquina por dióxido de carbono. [27]

Alcance	Más de 12 metros
Presión	870 Psi
Capacidad	A partir de 1 kilogramo
Accionamiento	Dióxido de carbono
Dimensiones	1250 x600 x 300 cm.
Potencia	N/A
Esparcimiento	Amplio
Costo	1903 dólares

Soluciones por el método ordinal corregido de criterios ponderados

Este método se basa en tablas donde cada criterio o solución para un determinado criterio se compara con los demás criterios o soluciones y se asignan los siguientes valores: Si el criterio o solución de las filas es superior o mejor que el de las columnas el valor asignado es igual a 1. Si el criterio o solución de las filas es equivalente al de las columnas el valor es de 0,5. Si el criterio o solución de las filas es inferior o peor que el de las columnas se asigna un valor de 0

Para cada criterio o solución se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios o soluciones al que se le suma la unidad para evitar que el criterio que tenga menos puntuación tenga una valoración nula, para después calcular los valores ponderados de cada criterio o solución. [28]

La evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.

Valoración de parámetros para la selección de alternativas

Tabla 3.4 Valoración del peso específico por cada criterio

Altura > Autonomía = Instalación > Costo > Esparcimiento							
Criterio	Altura	Autonomía	Instalación	Costo	Esparcimiento	$\Sigma+1$	Ponderación
Altura		1	1	1	1	5	0,333
Autonomía	0		0,5	1	1	3,5	0,233
Instalación	0	0,5		1	1	3,5	0,233
Costo	0	0	0		1	2	0,133
Esparcimiento	0	0	0	0		1	0,067
Suma						15	1

- **Altura**

La altura a la que llega el confeti es muy importante ya que el tipo de accionamiento escogido deberá satisfacer los 12 metros requeridos.

Tabla 3.5 Valoración del peso específico del criterio altura

Altura	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		1	0	2	0,333
A2	0		0	1	0,167
A3	1	1		3	0,5
Suma				6	1

- **Autonomía**

Para que la máquina se pueda mover a todos lados su accionamiento debe ser autónomo sin tener que conectar a otros equipos para su correcto funcionamiento

Tabla 3.6 Valoración del peso específico del criterio autonomía

Autonomía	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		0,5	0	1,5	0,25
A2	0,5		0	1,5	0,25
A3	1	1		3	0,5
			Suma	6	1

- **Instalación**

La unión de los accesorios de la máquina tendrán que ser de fácil instalación para ahorrar tiempo en las conexiones.

Tabla 3.7 Valoración del peso específico del criterio instalación

Instalación	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		0	0	1	0,167
A2	1		1	3	0,5
A3	1	0		2	0,333
			Suma	6	1

- **Costo**

Los costos que se invertirán en el sistema de accionamiento no se deben sobre dimensionar para que no afecte al precio final de la máquina.

Tabla 3.8 Valoración del peso específico del criterio costo

Costo	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		0	0	1	0,167
A2	1		1	3	0,5
A3	1	0		2	0,33
			Suma	6	1

- **Esparcimiento**

El equipo garantizará el correcto esparcimiento del confeti a través del orificio de salida del mismo.

Tabla 3.9 Valoración del peso específico del criterio esparcimiento

Esparcimiento	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		0,5	0	1,5	0,25
A2	0,5		0	1,5	0,25
A3	1	1		3	0,5
			Suma	6	1

Resultados de la valoración total para las alternativas de solución

Tabla 3.10 Valoración total para alternativas de solución

Criterio	Altura	Autonomía	Instalación	Costo	Esparcimiento	Σ	Prioridad
A1	$0,333*0,333$	$0,25*0,233$	$0,167*0,233$	$0,167*0,133$	$0,25*0,067$	0,247	3
A2	$0,167*0,333$	$0,25*0,233$	$0,5*0,233$	$0,5*0,133$	$0,25*0,067$	0,313	2
A3	$0,5*0,333$	$0,5*0,233$	$0,33*0,233$	$0,33*0,133$	$0,5*0,067$	0,437	1

Alternativa seleccionada para el accionamiento de la máquina lanza confeti

De acuerdo a la selección establecida se puede constatar que la mejor elección es el accionamiento por dióxido de carbono (alternativa 3) puesto que con la presión que se maneja alcanza la altura deseada, se puede mover el equipo en todas direcciones ya que posee autonomía propia para hacerlo, el costo inicial principal a invertir es moderado por lo que solo necesita del tanque para ser accionado y su sistema de esparcimiento es mejor ante las otras alternativas debido a que está provisto de un difusor en su salida.

3.2 Cálculos modelo operativo

Para el diseño de la máquina se realizó un prototipo en un programa CAD con la finalidad manipular componentes y alternativas de diseño, el mismo que fue modificado de acuerdo a los cálculos que se desarrollarán a continuación.

La figura 3.4 muestra que el equipo está constituido de un tanque de CO₂ que conecta a la manguera de alta presión que transmitirá el gas hacia el anillo Venturi dispuesto de varios orificios de menor diámetro en su parte superior por donde escapa el dióxido de carbono a altas velocidades, este efecto crea una depresión en la base del cono difusor que hace que el confeti que se aloja en la tolva sea absorbido por el gas, expulsándolo hacia el exterior a grandes alturas, el difusor desmontable se sostiene a través de dos varillas que a la vez dan regulación o ángulo de tiro a la máquina.



Figura 3.4 Máquina lanza confeti

3.2.1 Selección del cilindro de CO₂

Para la selección del tanque de CO₂ se considera el peso de tara, la capacidad de carga, la facilidad de montaje de elementos de medición y la disponibilidad en el mercado local. Mediante el Anexo 1 se selecciona un cilindro de disponibilidad inmediata Luxfer fabricado en aluminio, por lo que es 40% más ligero que otros cilindros de acero, ya que necesita ser transportado a diferentes lugares. La capacidad de carga es de 9 kg siendo la más alta en este tipo de tanques para evitar llenarlo constantemente ahorrando tiempo y dinero. La presión de servicio es de 1800 Psi en todos los tanques independientemente de su capacidad de carga. Los tanques para bebidas carbonatadas son resistentes a la corrosión evitando pérdida de grosor en las paredes del cilindro y poseen válvula de salida normalizada CGA 320 las que se pueden adaptar a cualquier tipo de sistemas de medición como manómetros de presión y válvulas de control, no siendo así con los tanques extintores de incendios que utilizan CO₂.

Tabla 3.11 Especificaciones técnicas del tanque de CO₂. [29]




Presión de servicio	Capacidad de CO ₂	Diámetro exterior	Longitud tanque total	Peso tanque vacío
1800 Psi	9,07 kg	203,2 mm	591,6 mm	11,4 kg

3.2.2 Selección de papel confeti

De entre la gran variedad de confeti en cuanto a formas y tamaño existente en el mercado, se elige el papel seda rectangular de 2 cm de alto por 5 cm de ancho, con un peso de alrededor de 0,023 gramos cada uno, lo que hace que la caída de los mismos

sea muy lenta (43750 papeles por kilogramo de confeti), logrando así crear efectos visuales más duraderos. Deberá tener la propiedad de ser ignífugo sobre todo cuando se requiera utilizar en espacios cerrados de otro modo podría provocar algún tipo de incendio en las instalaciones. En la tabla 3.12 se muestra la ficha técnica del papel confeti a ser utilizado.

Tabla 3.12 Ficha técnica papel confeti [30]



Color:	Multicolor
Dimensiones:	Rectangular 2*5 cm
Material:	Ignífugo
Peso unidad	0,023 gramos
Peso paquete	1kg
Cantidad * paquete	43750 unidades

3.2.3 Cálculo de velocidades y dimensionamiento del sistema Venturi

- Para el cálculo se estima utilizar la presión máxima de llenado y almacenamiento que es de 870 *Psi*, ver Anexo 2, para aprovechar el mayor potencial del tanque y alcance la altura deseada.
- Se utiliza un valor de la constante R de $0,1889 \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ K}$ ver Anexo 3.
- La temperatura del CO_2 es de $-78,5 \text{ }^\circ C$ ver Anexo 4.
- La presión atmosférica P_{atm} es 101325 Pa.

La tabla 3.13 muestra datos de pruebas realizadas en máquinas similares con el tanque de CO_2 seleccionado.

Tabla 3.13 Pruebas de descarga

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	PRUEBAS DE DESCARGA			
Elaborado por:	Marcelo Borja	Fecha de realización		10/01/2017
Revisado por:	Ing. Mauricio Carrillo	Fecha de revisión		19/01/2017
# PRUEBA	PESO 1	PESO 2	TIEMPO	MASA
1	9,1 Kg	7,6 Kg	3 s	0,5 Kg/s
2	7,6 Kg	6 Kg	3 s	0,533 Kg/s
3	6 Kg	4,6 Kg	3 s	0,466 Kg/s
4	4,6 Kg	2,9 Kg	3 s	0,566 Kg/s
PROMEDIO				0,516 Kg/s

Es así que los datos de entrada para el cálculo de velocidades son los siguientes:

$$P_{CO_2} = 870 \text{ Psi}$$

$$P_{CO_2} = 5998,439 \text{ KPa}$$

$$R = 0,1889 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$\dot{m}_{CO_2} = 0,516 \text{ Kg/s}$$

$$T_{CO_2} = -78,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{CO_2} = 194,5 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$P_{atm} = 101325 \text{ Pa}$$

- **Selección del diámetro del anillo Venturi**

En la figura 3.5 se tiene el esquema de anillo Venturi a través del cual circula el CO_2 y es expulsado por los orificios situados en la parte superior del mismo distribuido geoméricamente.

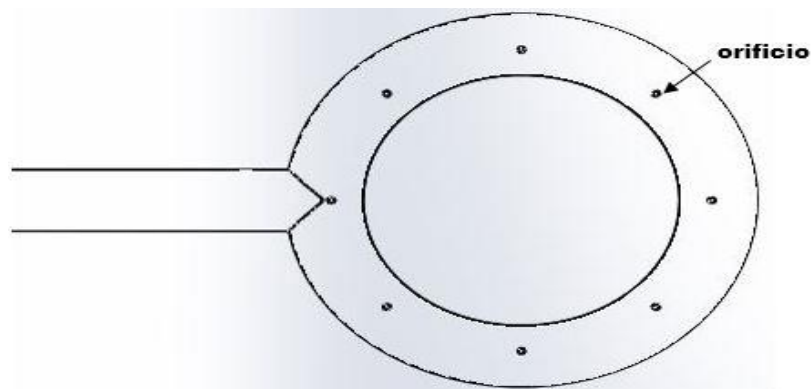


Figura 3.5 Esquema anillo Venturi

El diámetro del anillo se selecciona de acuerdo al caudal de descarga que es de $0,516 \text{ Kg/s}$ mediante la tabla 3.14

Tabla 3.14 Dimensionamiento de tuberías de descarga de CO_2 [31]

CO₂	
DIÁMETRO NOMINAL (plg)	CAUDAL DE DESCARGA (Kg/Min)
DN10 (3/8 ^{''})	Hasta 30
DN15 (1/2^{''})	31-60
DN20 (3/4 ^{''})	60-90
DN25 (1 ^{''})	90-150
DN32 (1 1/4 ^{''})	150-270
DN40 (1 1/2 ^{''})	270-360
DN50 (2 ^{''})	360-600
DN65 (2 1/2 ^{''})	600-990
DN80 (3 ^{''})	990-1380
DN100 (4 ^{''})	1380-2400
DN115 (5 ^{''})	2400-3800
DN150 (6 ^{''})	> 3800

Se tiene entonces un diámetro del anillo $\phi_a = \frac{1}{2} \text{ plg}$, el anexo 5 muestra el diámetro real del tubo de 0,01853 metros.

Se calcula el área del anillo A_a con la fórmula:

$$A = \frac{\pi \phi^2}{4} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

$$A_a = \frac{\pi \phi_a^2}{4}$$

$$A_a = \frac{\pi (0,01853 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_a = 2,696 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

- **Cálculo de la densidad del CO_2**

$$P = \rho RT \quad \text{Ecuación 3.2}$$

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

$$\rho_{CO_2} = \frac{P_{CO_2}}{RT_{CO_2}}$$

$$\rho_{CO_2} = \frac{5998,438 \text{ KPa}}{0,1889 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{K}} 194,5^\circ\text{K}}$$

$$\rho_{CO_2} = 163,263 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

- **Cálculo de la velocidad en el interior del anillo Venturi (V_1)**

$$\dot{m} = \rho A V \quad \text{Ecuación 3.3}$$

$$V_1 = \frac{0,516 \text{ Kg}/\text{s}}{163,262 \text{ Kg}/\text{m}^3 (2,696 * 10^{-4} \text{ m}^2)}$$

$$V_1 = 11,720 \text{ m}/\text{s}$$

- **Cálculo de la velocidad a la salida del anillo Venturi (V_2)**

En la figura 3.6 mostrada, a través de la ecuación de Bernoulli se toma el punto 1 en el interior del anillo y el punto 2 en la salida del orificio impulsor del CO_2 , a lo largo de la línea estos puntos están separados por el espesor del material z_1 y z_2 el cual es despreciable.

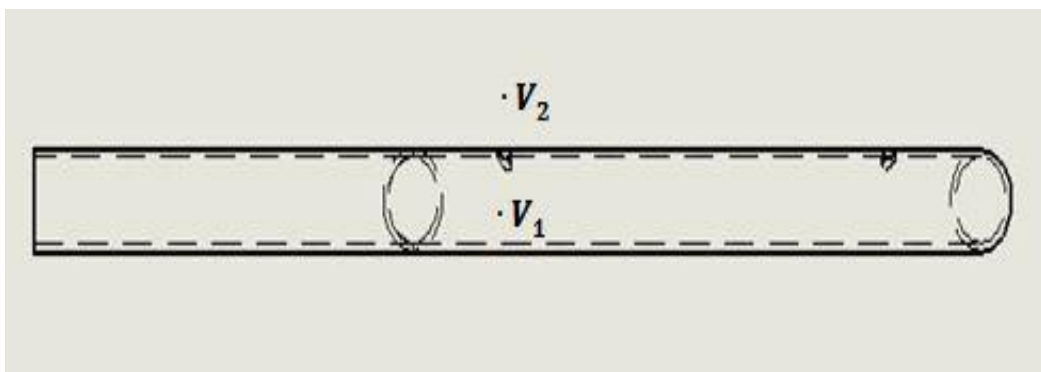


Figura 3.6 Esquema velocidades interior y exterior del anillo

Reemplazando de la ecuación 2.2

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} - \frac{P_2}{\rho g}$$

$$V_2 = \sqrt{2g \left[\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_{CO_2}}{\rho_{CO_2}g} - \frac{P_{atm}}{\rho_{CO_2}g} \right]}$$

$$V_2 = \sqrt{2 \left[\frac{(11,720 \text{ m/s})^2}{2} + \frac{5998439 \text{ Pa}}{163,263 \text{ Kg/m}^3} - \frac{101325 \text{ Pa}}{163,263 \text{ Kg/m}^3} \right]}$$

$$V_2 = 269,032 \text{ m/s}$$

Mediante la tabla 3.15 se varia el número de orificios y el ángulo de tiro para alcanzar la altura de 12 metros deseada.

Tabla 3.15 Iteración de datos

DATOS DE ENTRADA					
P_{CO_2} (Psi)	R (KJ/Kg°K)	\dot{m}_{CO_2} (Kg/s)	orificios (u)	\dot{m}_{orif} (Kg/s)	T_{CO_2} (°C)
870	0,1889	0,516	8	0,0645	-78,5
P_{atm} (atm)	$\dot{m}_{confeti}$ (Kg/s)	ρ_{CO_2} (Kg/m ³)	T_{amb} (°C)	$\rho_{CO_2@Patm}$ (Kg/m ³)	Peso (Kg)
101325	0,167	163,263	18°C	1,8307	0,5
ITERACIÓN					
Angulo (°)	Ø mayor (cm)	Velocidad (m/s)	Impulso (Kg.s)	Altura (m)	Tiempo (s)
45	17,554	9,998	0,510	2,550	2,038
50	17,487	10,075	0,514	3,039	2,054
55	17,283	10,314	0,526	3,642	2,103
60	16,934	10,744	0,548	4,417	2,190
65	16,423	11,423	0,583	5,468	2,329
70	15,718	12,470	0,636	7,006	2,542
75	14,139	14,139	0,721	9,517	2,883
78	16,6	15,677	0,800	12,01	3,196
80	13,424	17,096	0,872	14,462	3,485
85	11,936	18,165	0,927	15,366	3,702
90	10,448	19,233	0,981	16,269	3,919

La tabla 3,15 muestra que con un ángulo de tiro de 78°, presión inicial de 870 Psi y 8 orificios distribuidos uniformemente en la parte superior del anillo cumple con el objetivo trazado.

- **Cálculo del flujo másico de salida (\dot{m}_{salida}) en cada orificio**

El anillo estará dispuesto de 8 orificios mostrado en la figura 3.7 por los cuales saldrá el CO₂ con mayor velocidad V_2 , entonces se tiene 1 caudal de entrada y múltiples salidas.

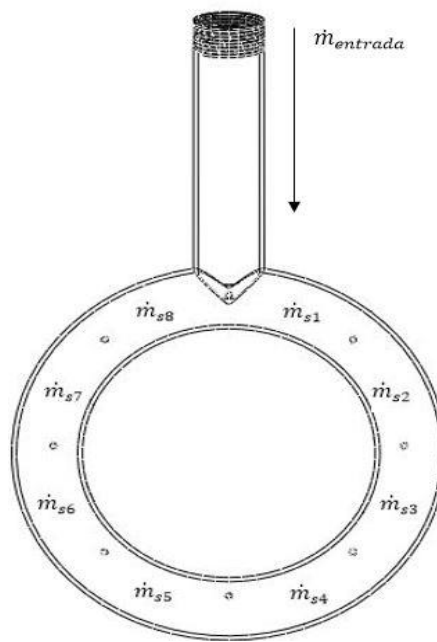


Figura 3.7 Balance de masas en el anillo Venturi

$$\sum \dot{m}_{entrada} = \sum \dot{m}_{salida} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

$$\dot{m}_{entrada} = \dot{m}_{s1} + \dot{m}_{s2} + \dot{m}_{s3} + \dot{m}_{s4} + \dot{m}_{s5} + \dot{m}_{s6} + \dot{m}_{s7} + \dot{m}_{s8}$$

$$\dot{m}_{salida}_{[1-8]} = \frac{\dot{m}_{entrada}}{8}$$

$$\dot{m}_{salida}_{[1-8]} = \frac{0,516 \text{ Kg/s}}{8}$$

$$\dot{m}_{salida}_{[1-8]} = 0,0645 \text{ Kg/s}$$

- **Cálculo del diámetro del orificio del anillo ($\emptyset_{\text{orificio}}$)**

Despejando de la ecuación 3.3

$$A_{\text{orif}} = \frac{\dot{m}_{\text{salida}}}{\rho_{\text{CO}_2} V_2}$$

$$A_{\text{orif}} = \frac{0,0645 \text{ Kg/s}}{163,262 \text{ Kg/m}^3 \cdot 269,032 \text{ m/s}}$$

$$A_{\text{orif}} = 1,468 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

Despejando de la ecuación 3.1

$$\emptyset_{\text{orif}} = \sqrt{\frac{4A_{\text{orificio}}}{\pi}}$$

$$\emptyset_{\text{orif}} = \sqrt{\frac{4(1,468 * 10^{-6} \text{ m}^2)}{\pi}}$$

$$\emptyset_{\text{orif}} = 1,367 * 10^{-3} \text{ m} \cong 1 \text{ mm}$$

Se toma 1 milímetro de diámetro del orificio porque mientras más pequeño es el orificio mayor velocidad y altura alcanza.

- **Cálculo de la densidad del CO₂ a presión atmosférica ($\rho_{\text{CO}_2@Patm}$)**

Despejando la ecuación 3.2

$$\rho_{\text{CO}_2@Patm} = \frac{P_{\text{atm}}}{R T_{\text{amb}}}$$

$$\rho_{\text{CO}_2@Patm} = \frac{101,325 \text{ Kpa}}{0,1889 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{K}} (293^\circ\text{K})}$$

$$\rho_{\text{CO}_2@Patm} = 1,8307 \text{ Kg/m}^3$$

- **Cálculo del diámetro de la base del difusor (\emptyset_{md}) y área (A_{md})**

En la tabla 3.16 se selecciona el radio de curvatura para diámetro de 0,5 pulgadas.

Tabla 3.16 Radio mínimo de curvatura para tubos de diferentes diámetros [32]

Ø Nominal tubo (in)	Espesor de pared (mm)	Radio de curvatura (mm)	Radio de curvatura (in)
0,5	2,5	61,9	2,4
0,75	2,5	75,2	3,0
1	2,5	97,9	3,9
1,25	2,5	126,5	5,0
1,5	2,5	144,8	5,7
2	2,5	177,7	7,0

Se tiene con un espesor mínimo de pared de 2,5 mm para evitar deformación o aplastado del tubo, un radio de curvatura de 61,9 mm, que a su vez implica un diámetro exterior del anillo de 12,38 cm.

En la figura 3.8 se ubican los diámetros exterior e interior del anillo, así como el diámetro menor del difusor

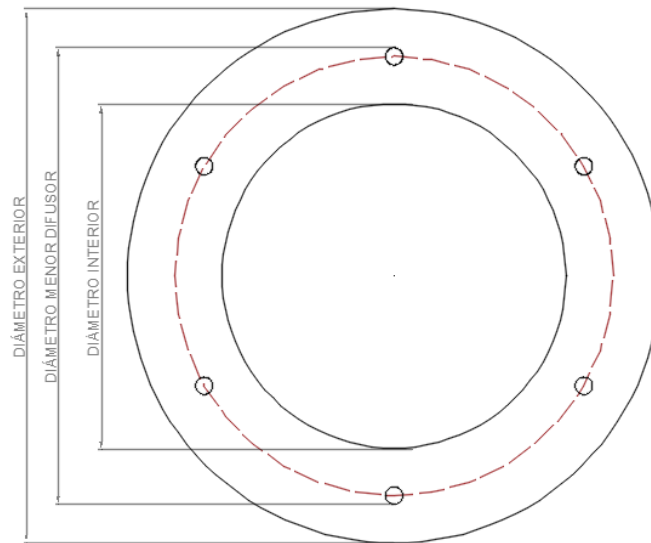


Figura 3.8 Diámetros de anillo Venturi

Donde:

\varnothing_{ext} = diámetro exterior del anillo. [m]

\varnothing_{int} = diámetro interior del anillo. [m]

\varnothing_{md} = diámetro de la base del difusor. [m]

\varnothing_a = diámetro del anillo [m]

\emptyset_{orif} = diámetro del orificio [m]

A_{md} = área de la base del difusor [m²]

$$\emptyset_{int} = \emptyset_{ex} - 2\emptyset_a$$

$$\emptyset_{int} = 0,1238 - 2(0,0213)$$

$$\emptyset_{int} = 0,0812 \text{ m}$$

$$\emptyset_{md} = \emptyset_{ex} - \emptyset_a + \emptyset_{orif}$$

$$\emptyset_{md} = (0,1238 - 0,0213 + 0,001) \text{ m}$$

$$\emptyset_{md} = 0,1035 \text{ m}$$

$$A_{md} = \frac{\pi \emptyset_{md}^2}{4}$$

$$A_{md} = \frac{\pi (0,1035 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_{md} = 8,413 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

- **Cálculo de la velocidad de la mezcla en la base del difusor (V_3)**

La velocidad de la mezcla se obtiene con la sumatoria total de los flujos máscicos contenidos en el difusor, es decir el flujo máscico del confeti ($\dot{m}_{confeti}$) más el flujo máscico del CO₂ (\dot{m}_{CO_2}).

En cuanto a la masa del confeti se refiere el alquiler mínimo de la máquina se realiza por la cantidad de 1kg de confeti distribuidos en dos tiros de 0,5 kg cada uno para dos actividades diferentes. Realizando pruebas se estima que toda esta cantidad se demora en salir 3 segundos por lo que tendríamos un caudal máscico de 0,1667 kg/s

De la sumatoria de flujos máscicos se tiene:

$$\dot{m}_{confeti} + \dot{m}_{CO_2} = \dot{m}_T$$

$$\dot{m}_{confeti} + (\rho_{CO_2}) (A_{orif}) (V_2) = (\rho_{CO_2@Patm}) (A_{md})(V_3)$$

$$V_3 = \frac{\dot{m}_{confeti} + (\rho_{CO_2}) (A_{orif}) (V_2)}{(\rho_{CO_2@Patm}) (A_{md})}$$

$$V_3 = \frac{0,167 \text{ Kg/s} + (163,262 \text{ Kg/m}^3) 8 * \left(\frac{\pi * (0,001 \text{ m})^2}{4} \right) (269,032 \text{ m/s})}{(1,8307 \text{ Kg/m}^3) (8,413 * 10^{-3} \text{ m}^2)}$$

$$V_3 = 28,760 \text{ m/s}$$

- **Cálculo de la velocidad a la salida del difusor (V_4)**

Despejando de la ecuación 2.19 donde $H = y_{max}$ y $V_0 = V_4$

$$y_{max} = \frac{V_4^2 \text{sen}^2 \theta}{2g}$$

$$V_4 = \sqrt{\frac{(12 \text{ m})(2)(9,8 \text{ m/s}^2)}{\text{sen}^2(78^\circ)}}$$

$$V_4 = 15,678 \text{ m/s}$$

- **Cálculo de la distancia en x máxima (X_{max})**

De la ecuación 2.16 se tiene donde $V_0 = V_4$

$$X_{max} = \frac{V_4^2 \text{sen}(2\theta)}{g}$$

$$X_{max} = \frac{(15,678 \text{ m/s})^2 \text{sen}(2)(78^\circ)}{(9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$X_{max} = 5,102 \text{ m}$$

- **Cálculo del diámetro mayor del difusor (\emptyset_{Md})**

$$Q_{entra} = Q_{sale} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

$$Q = A \cdot v \quad \text{Ecuación 3.6}$$

$$Q_{md} = Q_{Md}$$

$$A_{md} V_3 = A_{Md} \cdot V_4$$

$$\frac{\pi(\emptyset_{md})^2}{4} V_3 = \frac{\pi(\emptyset_{Md})^2}{4} V_4$$

$$(\emptyset_{md})^2 V_3 = (\emptyset_{Md})^2 V_4 \quad (1)$$

De la ecuación 2.16 se tiene

$$V_4 = \sqrt{\frac{X_{max} g}{sen(2\theta)}} \quad (2)$$

Reemplazando (2) en (1)

$$(\emptyset_{md})^2 V_3 = (\emptyset_{Md})^2 \sqrt{\frac{X_{max} g}{sen(2\theta)}}_4$$

$$\emptyset_{Md} = \frac{\sqrt{(\emptyset_{md})^2 V_3}}{\sqrt{\frac{X_{max} g}{sen(2\theta)}}}$$

$$\emptyset_{Md} = \frac{\sqrt{(\emptyset_{md})^2 V_3}}{\sqrt{\sqrt{\frac{X_{max} g}{2sen(\theta)\cos(\theta)}}}}$$

$$\emptyset_{Md} = \frac{\sqrt{(0,1035 \text{ m})^2 (28,760 \text{ m/s})}}{\sqrt{\sqrt{\frac{(5,102 \text{ m}) (9,8 \text{ m/s}^2)}{2sen(78)\cos(78)}}}}$$

$$\emptyset_{Md} = 0,166 \text{ m}$$

$$V_4 = \frac{(\emptyset_{md})^2 V_3}{(\emptyset_{Md})^2}$$

- **Cálculo del tiempo requerido para lanzar 0,5 kg de confeti**

Reemplazando de la ecuación 2.14 donde $V_{0y} = V_4$

$$t = \frac{2(15,678 \text{ m/s})}{(9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$t = 3,199 \text{ s}$$

- **Cálculo de la altura máxima de la mezcla (y_{max})**

Despejando de la ecuación 2.7

$$V_4 = \frac{Imp(g)}{W} \quad (1)$$

$$Imp = \left[\frac{W}{g} \right] V_4$$

$$Imp = \left[\frac{0,5 \text{ kg}}{9,8 \text{ m/s}^2} \right] 15,678 \text{ m/s}$$

$$Imp = 0,799 \text{ kg/s}$$

Reemplazando de la ecuación 2.19 se tiene:

$$y_{max} = \frac{V_4^2 \text{sen}^2 \theta}{2g} \quad (2)$$

Reemplazando (1) en (2)

$$y_{max} = \frac{\left[\frac{Imp(g)}{w} \right]^2 \text{sen}^2 \theta}{2g}$$

$$y_{max} = \frac{\left[\frac{0,799 \text{ kg/s} (9,8 \text{ m/s}^2)}{0,5 \text{ kg}} \right]^2 \text{sen}^2(78)}{2 (9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$y_{max} = 11,971 \approx 12 \text{ m} \rightarrow ok$$

Cálculo de la longitud del difusor (L)

Con los datos obtenidos anteriormente del diámetro mayor y el diámetro menor se procede al cálculo de la longitud del difusor.

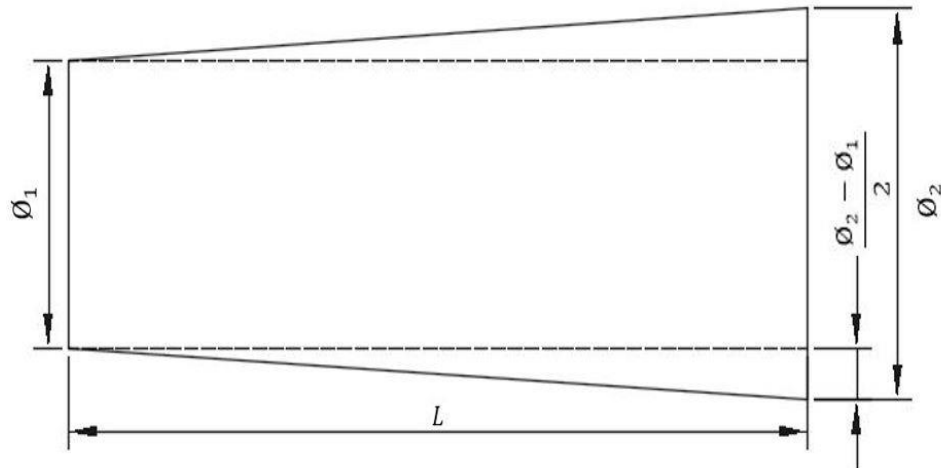


Figura 3.9 Esquema del difusor

Datos

$\varnothing_2 = 0,166 \text{ m}$ (ver cálculo del diámetro mayor del difusor)

$\varnothing_1 = 0,1035 \text{ m}$ (ver cálculo del diámetro de la base del difusor)

AR = variación de las áreas [adimensional]

$$A_2 = \frac{\pi(0,166 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_2 = 0,0216 \text{ m}^2$$

$$A_1 = \frac{\pi(0,1035 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_1 = 0,00841 \text{ m}^2$$

$$AR = \frac{A_2}{A_1}$$

$$AR = \frac{0,0216 \text{ m}^2}{0,00841 \text{ m}^2}$$

$$AR = 2,573$$

En la figura 3.10 se selecciona la variación de la longitud respecto al diámetro menor, teniendo como referencia la variación de las áreas

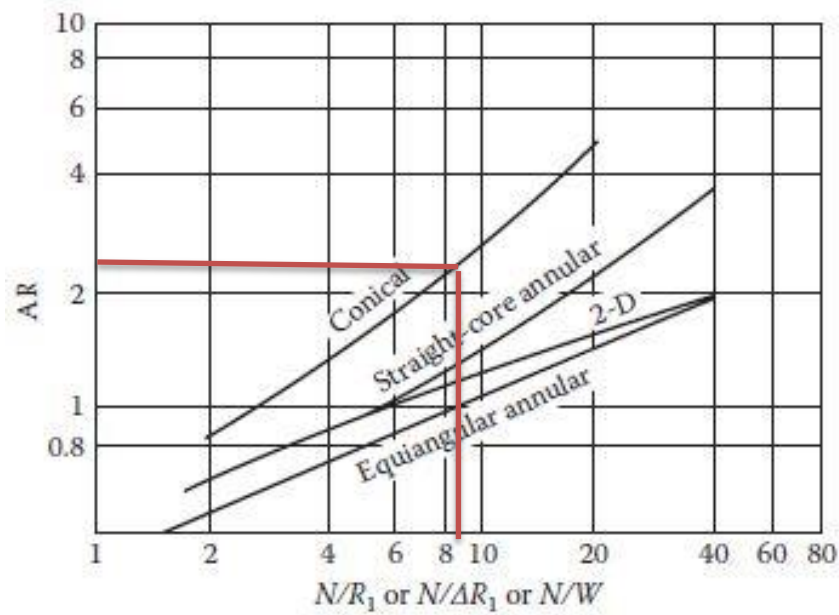


Figura 3.10 Diagrama de difusores respecto a la variación de áreas [33]

Por tanto el valor de $\frac{L}{\phi_1}$ es 8,2

$$\frac{L}{\phi_1} = 8,2$$

$$L = 8,2 (\phi_1)$$

$$L = 8,2 (0,1035 \text{ m})$$

$$L = 0,848 \text{ m}$$

Los datos necesarios como α , S, L para el dimensionamiento del difusor se muestran en la figura 3.11

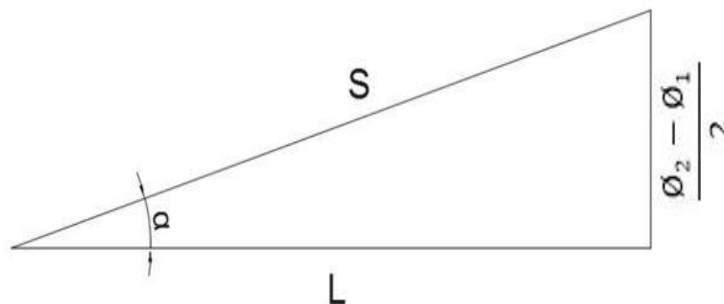


Figura 3.11 Dimensionamiento de difusor

Donde:

L = lado cateto del difusor [m]

S = lado hipotenusa del difusor [m]

De la figura 3.11 se obtiene:

$$tg\alpha = \frac{\frac{\varnothing_2 - \varnothing_1}{2}}{L}$$

$$tg\alpha = \frac{0,166\text{ m} - 0,1035\text{ m}}{0,848}$$

$$tg\alpha = 0,0368$$

$$\alpha = 2,1104^\circ$$

$$\theta = 2\alpha$$

$$\theta = 2(2,1104^\circ)$$

$$\theta = 4,221^\circ$$

$$\cos\alpha = \frac{L}{S}$$

$$S = \frac{L}{\cos\alpha}$$

$$S = \frac{0,848}{\cos(2,1104^\circ)}$$

$$S = 0,693\text{ m}$$

3.2.4 Cálculo de pérdidas de energía en el sistema

- Pérdida en tuerca y nipple de contracción

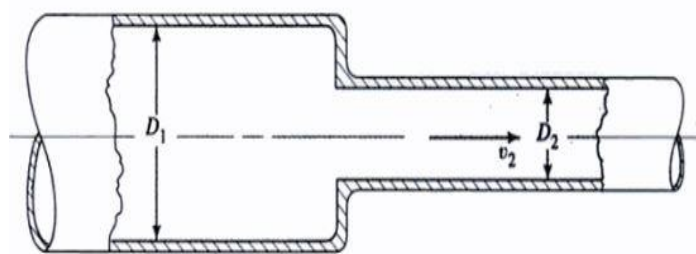


Figura 3.12 Contracción súbita del CO₂ . [23]

La figura 3.12 muestra la contracción súbita de los dos accesorios, se tienen los siguientes datos calculados anteriormente

Datos:

$$P_{CO_2} = 870 \text{ Psi} \quad P_{CO_2} = 5998,439 \text{ KPa (ver Anexo 2)}$$

$$\dot{m}_{CO_2} = 0,516 \text{ Kg/s (ver dato de entrada)}$$

$$T_{CO_2} = -78,5 \text{ }^\circ\text{C} \quad T_{CO_2} = 194,5 \text{ }^\circ\text{K (ver Anexo 4)}$$

$$\rho_{CO_2} = 163,263 \text{ Kg/m}^3 \text{ (ver cálculo de la densidad del CO}_2\text{)}$$

$$\emptyset_{tuerca} = 0,00794 \text{ m}$$

$$\emptyset_{nipple} = 0,005 \text{ m}$$

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho}$$

Ecuación 3.7

$$Q_{CO_2} = \frac{\dot{m}_{CO_2}}{\rho_{CO_2}}$$

$$Q_{CO_2} = \frac{0,516 \text{ Kg/s}}{163,263 \text{ Kg/m}^3}$$

$$Q_{CO_2} = 3,161 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_{nipple} = \frac{\pi (\emptyset_{nipple})^2}{4}$$

$$A_{nipple} = \frac{\pi (0,005 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_{nipple} = 1,963 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$Q = A_{nipple} * V$$

$$V_{nipple} = \frac{Q}{A_{nipple}}$$

$$V_{nipple} = \frac{3,161 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{1,963 * 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$V_{nipple} = 161,029 \text{ m/s}$$

$$A_{tuerca} = \frac{\pi (\emptyset_{tuerca})^2}{4}$$

$$A_{tuerca} = \frac{\pi (0,00794 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_{tuerca} = 4,951 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

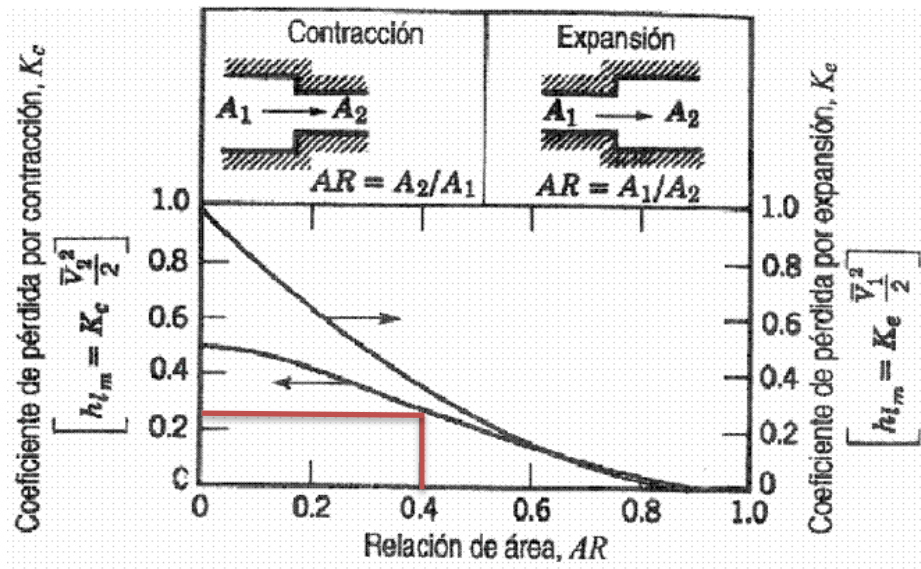


Figura 3.13 Coeficiente de pérdida por contracción [34]

$$AR = \frac{A_{nipple}}{A_{tuerca}}$$

$$AR = \frac{1,963 * 10^{-5} \text{ m}^2}{4,951 * 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$AR = 0,397 \approx 0,4$$

De la figura 3.13 se obtiene el coeficiente de resistencia k para contracción súbita

$$k = 0,25$$

$$\gamma = \rho \cdot g$$

$$\gamma_{co_2} = 163,263 \text{ Kg/m}^3 (9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$\gamma_{co_2} = 1599,977 \text{ N/m}^3$$

Reemplazando de la ecuación 2.21

$$H_v = \frac{\gamma_{co_2} V_{nipple}^2}{2g}$$

$$H_v = \frac{1599.977 \text{ N/m}^3 (161,029 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$H_v = 2114574,197 \text{ Pa}$$

Reemplazando de la ecuación 2.23

$$H_L = 0,25 * 2114574,197 \text{ Pa}$$

$$H_L = 528643,549 \text{ Pa}$$

$$H_L = 76,673 \text{ Psi}$$

- **Pérdida en nipple y tee de expansión**

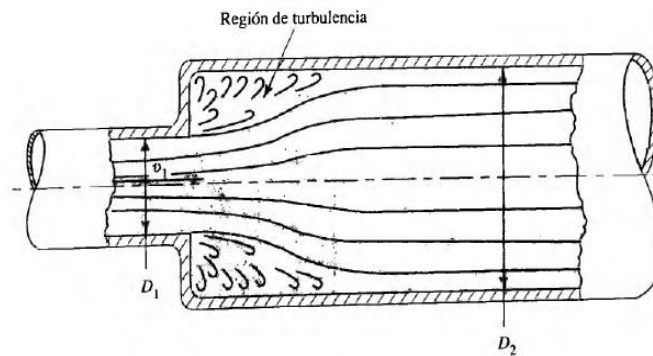


Figura 3.14 Expansión súbita del CO₂ . [23]

Datos

$$A_{nipple} = 1,963 * 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ (ver pérdida en tuerca y nipple de contracción)}$$

$$\emptyset_{tee} = 0,00635 \text{ m}$$

$$\gamma_{CO_2} = 1599,977 \text{ N/m}^3 \text{ (ver pérdida en tuerca y nipple de contracción)}$$

$$A_{tee} = \frac{\pi (\emptyset_{tee})^2}{4}$$

$$A_{tee} = \frac{\pi (0,00635)^2}{4}$$

$$A_{tee} = \frac{\pi (0,00635)^2}{4}$$

$$A_{tee} = 3,167 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$V_{tee} = \frac{3,161 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{3,167 * 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$V_{tee} = 99,811 \text{ m/s}$$

$$AR = \frac{A_{nipple}}{A_{tee}}$$

$$AR = \frac{1,963 * 10^{-5} \text{ m}^2}{3,167 * 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$AR = 0,619 \approx 0,6$$

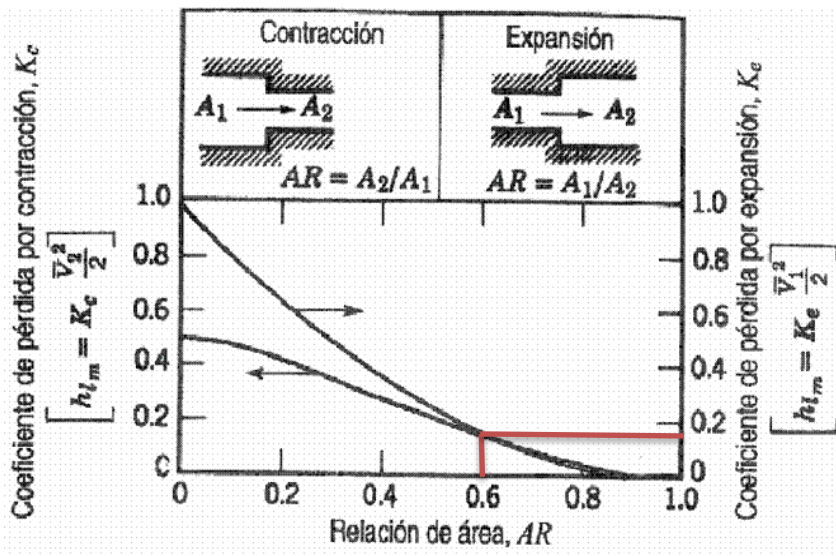


Figura 3.15 Coeficiente de pérdida por expansión. [34]

De la figura 3.15 se obtiene el coeficiente de resistencia k para expansión súbita

$$k = 0,18$$

$$H_v = \frac{1599,977 \text{ N/m}^3 (99,811 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$H_v = 812403,059 \text{ Pa}$$

$$H_L = 0,18 * 812403,059 \text{ Pa}$$

$$H_L = 146232,551 \text{ Pa}$$

$$H_L = 21,209 \text{ Psi}$$

- **Pérdida en tee de paso directo**

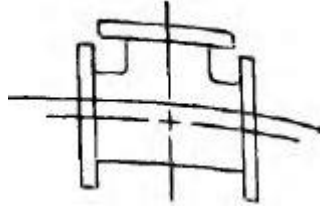


Figura 3.16 Coeficiente pérdida de tee paso directo [23]

Datos

$$A_{tee} = 3,167 * 10^{-5} m^2 \text{ (ver pérdida en nipple y tee de expansión)}$$

$$V_{tee} = 99,811 \text{ m/s (ver pérdida en nipple y tee de expansión)}$$

$$\epsilon = 1,5 * 10^{-6} \text{ m (ver Anexo 7)}$$

$$\emptyset_{tee} = 0,00635 \text{ m (ver pérdida en nipple y tee de expansión)}$$

$$H_v = 812403,059 \text{ Pa (ver pérdida en nipple y tee de expansión)}$$

El valor de la viscosidad dinámica se obtiene mediante extrapolación en el Anexo 6 con la temperatura del CO₂ de -78,5°C, los datos se muestran en la tabla 3.17

Tabla 3.17 Extrapolación viscosidad dinámica. [23]

TEMPERATURA (°C)	VISCOSIDAD DINÁMICA Ns/m ²
-78,5	8,15 * 10 ⁻⁶
-10	1,61 * 10 ⁻⁵
20	1,81 * 10 ⁻⁵

$$\eta = 8,15 * 10^{-6} \text{ Ns/m}^2$$

Reemplazando de la ecuación 2.20

$$N_R = \frac{V_{tee}(\emptyset_{tee})(\rho_{CO_2})}{\eta}$$

$$N_R = \frac{99,811 \text{ m/s} (0,00635 \text{ m})(163,263 \text{ Kg/m}^3)}{8,15 * 10^{-6} \text{ Ns/m}^2}$$

$$N_R = 12696449,68$$

$$\frac{\emptyset_{tee}}{\epsilon} = \frac{0,00635 \text{ m}}{1,5 * 10^{-6} \text{ m}}$$

$$\frac{\varnothing_{tee}}{\epsilon} = 4233,33$$

Reemplazando de la ecuación 2.24

$$f_T = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7 \left(\frac{\varnothing_{tee}}{\epsilon} \right)} + \frac{5,74}{N_R^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f_T = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7(4233,33)} + \frac{5,74}{12696449,68^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f_T = 0,01431$$

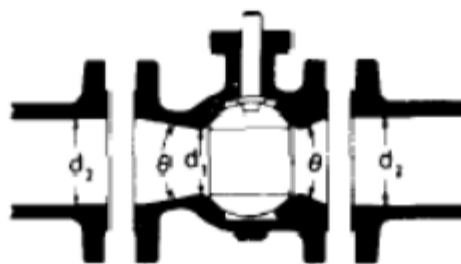
$$H_L = f_T * H_v$$

$$H_L = 0,01431 * 812403,059 Pa$$

$$H_L = 11627,549 Pa$$

$$H_L = 1,695 Psi$$

- **Pérdida en válvula de bola**



$$\text{Si } \beta=1, \Theta=0 \quad K_1=3 f_T$$

Figura 3.17 Coeficiente pérdida válvula de bola [35]

Datos:

$$f_T = 0,01438 \text{ (ver pérdida en tee de paso directo)}$$

$$H_v = 812403,059 Pa \text{ (ver pérdida en nipple y tee de expansión)}$$

De la figura 3.13 se tiene:

$$k = 3f_T$$

$$k = 3 * 0,01438$$

$$k = 0,0431$$

Reemplazando de la ecuación 2.23

$$H_L = 0,0431 * 812403,059 Pa$$

$$H_L = 35014,571 Pa$$

$$H_L = 5,078 Psi$$

- **Pérdida en manguera 100 R**

Datos

$$\emptyset_{manguera} = 0,0127 m$$

$$L_{manguera} = 1,2 m$$

$$\epsilon = 3 * 10^{-7} m \text{ (ver Anexo 7)}$$

$$A_{manguera} = \frac{\pi (0,0127m)^2}{4}$$

$$A = 1,267 * 10^{-4} m^2$$

$$V_{manguera} = \frac{3,161 * 10^{-3} m^3/s}{1,267 * 10^{-4} m^2}$$

$$V_{manguera} = 24,953 m/s$$

$$\frac{\phi}{\epsilon} = \frac{0,0127 m}{3 * 10^{-7} m}$$

$$\frac{\phi}{\epsilon} = 42333,33$$

$$N_R = \frac{24,953 \text{ m/s} (0,0127 \text{ m})(163,263 \text{ Kg/m}^3)}{8,15 * 10^{-6} \text{ N s/m}^2}$$

$$N_R = 6348288,444$$

$$f_T = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7(42333,33)} + \frac{5,74}{6348288,444^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f_T = 0,0101$$

Reemplazando de la ecuación 2.22

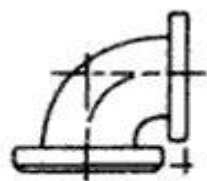
$$H_L = f_T * \frac{L_{manguera}}{\emptyset_{manguera}} * \frac{(\gamma_{CO_2})(V_{manguera})^2}{2g}$$

$$H_L = 0,0101 * \frac{1,2 \text{ m}}{0,0127 \text{ m}} * \frac{1599,977 \text{ N/m}^3 (24,953 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$H_L = 48457,295 \text{ Pa}$$

$$H_L = 7,028 \text{ Psi}$$

- **Pérdida en codo estándar de 90°**



$$K = 30f_T$$

(a) Codo a 90°

Figura 3.18 Codo estándar 90°. [23]

Datos

$$\epsilon = 1,5 * 10^{-6} \text{ m (ver Anexo 7)}$$

$$\emptyset_{codo} = 0,0127 \text{ m}$$

$$N_R = 6348288,444 \text{ (ver pérdida en manguera)}$$

$$\frac{\emptyset_{codo}}{\epsilon} = \frac{0,0127 \text{ m}}{1,5 * 10^{-6} \text{ m}}$$

$$\frac{\emptyset_{codo}}{\epsilon} = 8466,667$$

$$f_T = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7(8466,667)} + \frac{5,74}{6348288,444^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f_T = 0,0126$$

De la figura 3.18 se tiene:

$$k = 30 f_T$$

$$k = 30(0,0126)$$

$$k = 0,378$$

$$H_L = 0,378 * \frac{1599.977 \text{ N/m}^3 (24,953 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$H_L = 19193,406 \text{ Pa}$$

$$H_L = 2,783 \text{ Psi}$$

- **Pérdida anillo Venturi**

$$\emptyset_{anillo} = 0,01853 \text{ m}$$

$$Q_{co2} = 3,161 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (ver pérdida en tuerca y nipple de contracción)}$$

$$\epsilon = 1,5 * 10^{-6} \text{ m (ver Anexo 7)}$$

$$A_{anillo} = \frac{\pi (0,01853 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_{anillo} = 2,697 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$V_{anillo} = \frac{3,161 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{2,697 * 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$V_{anillo} = 11,720 \text{ m/s}$$

$$\frac{\emptyset_{anillo}}{\epsilon} = \frac{0,01853 \text{ m}}{1,5 * 10^{-6} \text{ m}}$$

$$\frac{\emptyset_{anillo}}{\epsilon} = 12353,33$$

$$N_R = \frac{11,720 \text{ m/s} (0,01853 \text{ m})(163,263 \text{ Kg/m}^3)}{8,15 * 10^{-6} \text{ Ns/m}^2}$$

$$N_R = 4349560,769$$

$$f_T = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7(12353,33)} + \frac{5,74}{4350440,114^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f_T = 0,0120$$

$$\frac{L}{\emptyset_{anillo}} = \frac{0,2245 \text{ m}}{0,01853 \text{ m}}$$

$$\frac{L}{\emptyset_{anillo}} = 12,115$$

$$H_L = 0,0120 * 12,115 * \frac{1599.977 \text{ N/m}^3 (11,720 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$H_L = 1628,451 \text{ Pa}$$

$$H_L = 23,618 * 10^{-2} \text{ Psi}$$

- **Pérdida en el difusor**

Datos

$\emptyset_{Md} = 0,166 \text{ m}$ (ver cálculo del diámetro mayor del difusor)

$\emptyset_{md} = 0,1035 \text{ m}$ (ver cálculo del diámetro de la base del difusor)

$V_3 = 28,760 \text{ m/s}$ (ver cálculo de la velocidad de la mezcla en la base del difusor)

$\rho_{CO_2@Patm} = 1,8307 \text{ Kg/m}^3$ (ver cálculo densidad del CO_2 a presión atmosférica)

$$A_1 = \frac{\pi (0,166 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_1 = 21,642 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_0 = \frac{\pi (0,1035 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_0 = 8,413 * 10^{-3} m^2$$

$$\frac{A_1}{A_0} = \frac{15,435 * 10^{-3} m^2}{8,413 * 10^{-3} m^2}$$

$$\frac{A_1}{A_0} = 2,457 \approx 2$$

$$N_R = \frac{28,760 \text{ m/s} (0,1035 \text{ m})(1,8307 \text{ Kg/m}^3)}{8,15 * 10^{-6} \text{ N s/m}^2}$$

$$N_R = 668634,535$$

$$\frac{N_R}{1000} = \frac{668634,535}{1000}$$

$$\frac{N_R}{1000} = 668,634 \approx 700$$

$$\theta = 2\alpha$$

$$\theta = 2(2,1104^\circ)$$

$$\theta = 4,2208^\circ$$

Del Anexo 8 se toman los valores de $N_R/1000$ entre 200 y 2000, se interpola para el valor de 700 y extrapola para el ángulo θ de $4,2208^\circ$

Tabla 3.18 Valores de Co para difusores

VALORES DE Co				
Valores Entrada		θ		
A_1/A_0	$N_R/1000$	4,2208	8	10
2	200	0,494	0,57	0,61
	700	0,462	0,549	0,595
	2000	0,386	0,5	0,56

El valor de Co es de 0,462

$$\gamma_{CO_2@Patm} = 1,8307 \text{ Kg/m}^3 (9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$\gamma_{CO_2@Patm} = 17,941 \text{ N/m}^3$$

$$H_L = 0,462 * \frac{17,941 \text{ N/m}^3 (28,760 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$H_L = 347,923 \text{ Pa}$$

$$H_L = 5,046 \text{ Psi}$$

- **Cálculo de datos incluido pérdidas por accesorios**

En la tabla 3.19 se muestra el total de pérdidas por accesorios

Tabla 3.19 Pérdidas en accesorios

ELEMENTO	PÉRDIDA
Contracción	76,673 Psi
Expansión	21,209 Psi
Tee de paso	1,695 Psi
Válvula de bola	5,078 Psi
Manguera	7,028 Psi
Codo	2,783 Psi
TOTAL	114,466 Psi

Con la sumatoria de las pérdidas menores por accesorios se obtiene la presión real con la que circula el CO₂ por el anillo Ventury que es de alrededor de 755 Psi, dato con el cual se re calculan los datos ubicados en la tabla 3.20

Tabla 3.20 Cálculo de datos con pérdidas por accesorios

#orif	8	Ø _{md}	0,1035 m
P _{CO₂}	755 Psi	Ø _{Md}	0,159 m
ρ _{co₂}	141,682 kg/m ³	V ₄	15,678 m/s
V ₁	13,505 m/s	Imp	0,799 kg.s
V ₂	268,764 m/s	y _{max}	11,971 m
Ø _{orif}	1 mm	T	3,199 s
V ₃	26,376 m/s	α	1,89°
< tiro	78°	L	0,838 m

3.2.5 Cálculo de presión de succión de confeti

Para el cálculo de la presión con la que succiona el confeti de la tolva se realizan las siguientes consideraciones:

- El anillo Ventury es de tipo large flow con alto caudal de aspiración y bajo nivel de vacío.
- La succión que se realiza es vertical con el anillo Ventury dispuesto en sentido horizontal
- La masa total de confeti que deberá succionar será de 0,5 kg
- El factor de seguridad es 1,5 debido a que el movimiento de succión es en sentido lineal.
- Los valores de aceleración para gases se toma la menor para Ventury tipo large flow de 6 m/s^2
- El diámetro por el que se succiona el confeti es de 0,0812 m

$$F_H = m * (g + a) * S \quad \text{Ecuación 3.8}$$

Donde:

F_H : Fuerza de succión [N]

m : Masa a succionar [kg]

g : Aceleración de la gravedad [m/s^2]

a : Aceleración para gases [m/s^2]

S : factor de seguridad [adimensional]

A_s : Área de succión [m^2]

$$A_s = \frac{\pi (0,0812\text{m})^2}{4}$$

$$A_s = 5,178 * 10^{-3}\text{m}^2$$

$$F_H = 0,5 \text{ Kg} \left(9,81 \text{ m/s}^2 + 6 \text{ m/s}^2 \right) (1,5)$$

$$F_H = 11,85 \text{ N}$$

$$F_H = -P * A$$

$$P_{\text{succión}} = -\frac{F_H}{A_s}$$

$$P_{\text{succión}} = -\frac{11,85 \text{ N}}{5,178 * 10^{-3}\text{m}^2}$$

$$P_{succión} = 2288,528 Pa$$

3.2.6 Diseño de la barra sujetadora

Para el cálculo de la barra sujetadora se debe considerar el diseño de falla a carga estática en el elemento.

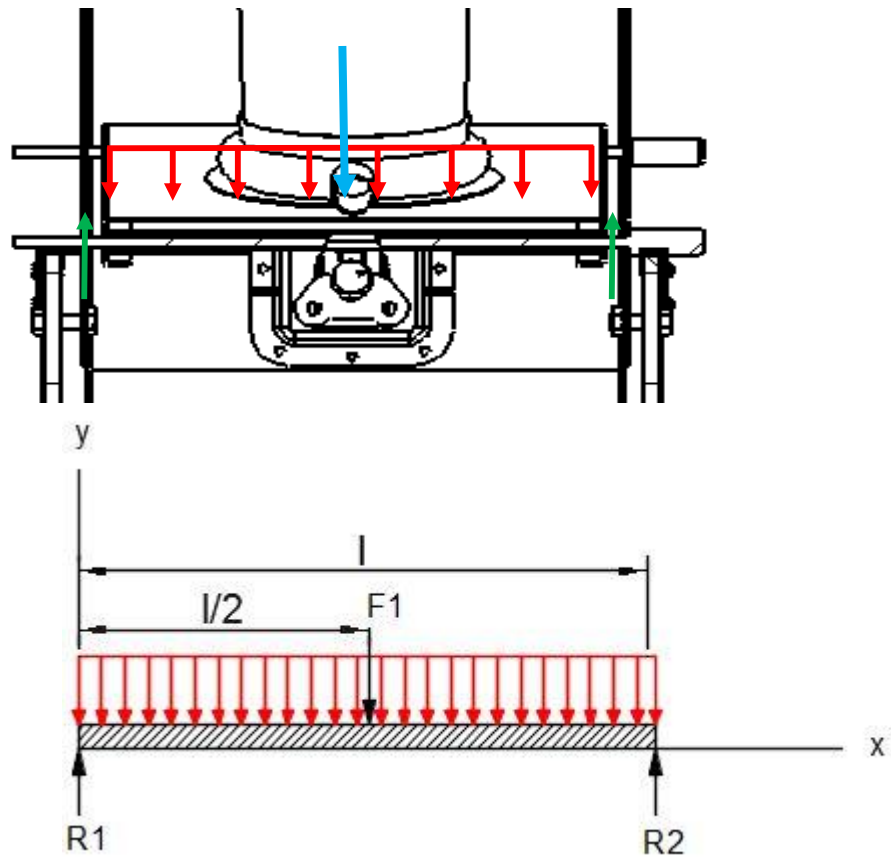


Figura 3.19 Diagrama de cuerpo libre barra sujetadora

Cálculo de reacciones

Se aplica las fórmulas de apoyo simple carga central en Anexo 9 y se tiene:

$$R_1 = R_2 = \frac{F_1}{2}$$

Donde:

R_1 y R_2 : Reacciones en los apoyos. [lb]

F_1 : Carga central aplicada. [lb]

l: Longitud entre los apoyos. [plg]

$$R_1 = \frac{14,37}{2}$$

$$R_1 = 7,185 \text{ lb}$$

$$R_2 = 7,185 \text{ lb}$$

Una vez obtenidas las dos reacciones R_1 y R_2 se realizan los diagramas de fuerza cortante y momento flector.

Diagrama de fuerza cortante y momento flector

Los diagramas de fuerza cortante y momento flector permiten obtener las fuerzas y momento máximo necesarios para el diseño de la barra sujetadora.

Fuerza cortante

$$V_{AI} = 0$$

$$V_{AD} = 0 + 7,185 \text{ lb} = 7,185 \text{ lb}$$

$$V_{BI} = 7,185 \text{ lb} + 0 = 7,185 \text{ lb}$$

$$V_{BD} = 7,185 \text{ lb} - 14,37 \text{ lb} = -7,185 \text{ lb}$$

$$V_{CI} = -7,185 \text{ lb} + 0 = -7,185 \text{ lb}$$

$$V_{CD} = -7,185 \text{ lb} + 7,185 \text{ lb} = 0$$

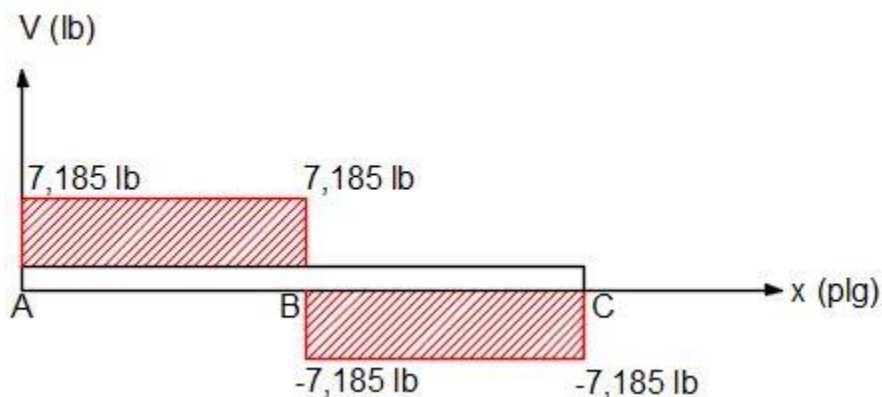


Figura 3.20 Diagrama de fuerza cortante

Momento flector

$$A_1 = 4,882 \text{ plg}(7,185 \text{ lb}) = 35,077 \text{ lb. plg}$$

$$A_2 = 4,882 \text{ plg}(-7,185 \text{ lb}) = -35,077 \text{ lb. plg}$$

$$M_A = 0$$

$$M_B = 0 + 35,077 \text{ lb. plg} = 35,077 \text{ lb. plg}$$

$$M_C = 35,077 \text{ lb. plg} - 35,077 \text{ lb. plg} = 0$$

$$M_C = 0$$

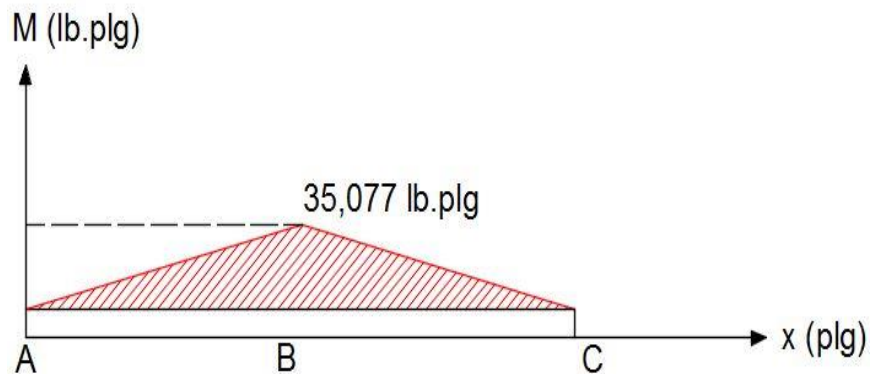


Figura 3.21 Diagrama de momento flector

El momento flector máximo se encuentra en el punto B

$$M_B = 35,077 \text{ lb. plg}$$

El material a usar que se encuentre en el mercado se optó por un acero AISI 1018 cuya resistencia a la fluencia S_y es 54 Kpsi leído en el Anexo 10 y la resistencia última a la flexión S_{ut} de 49,5 Kpsi del Anexo 11

Reemplazando de la ecuación 2.27

$$F_b = 0,66 (54 \text{ Kpsi})$$

$$F_b = 35,64 \text{ Kpsi}$$

Reemplazando de la ecuación 2.26

$$S_x = \frac{35,077 \text{ lb. plg}}{35,64 \text{ Kpsi}}$$

$$S_x = 9,842 * 10^{-4} plg^3$$

$$S = \frac{\pi d^3}{32}$$

Ecuación 3.9

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 S_x}{\pi}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 (9,842 * 10^{-4} plg^3)}{\pi}}$$

$$d = 0,2156 plg$$

$$d \approx 6mm$$

$$S = \frac{\pi(0,236 plg)^3}{32}$$

$$S = 1,2904 * 10^{-3} plg^3$$

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

Ecuación 3.10

$$\sigma = \frac{35,077 lb.plg}{1,2904 * 10^{-3} plg^3}$$

$$\sigma = 27,183 Ksi$$

$$\eta = \frac{S_{ut}}{\sigma}$$

Ecuación 3.11

$$\eta = \frac{49,5 Kpsi}{27,183 Ksi}$$

$$\eta = 1,821 \rightarrow ok$$

3.2.7 Diseño del perno de sujeción

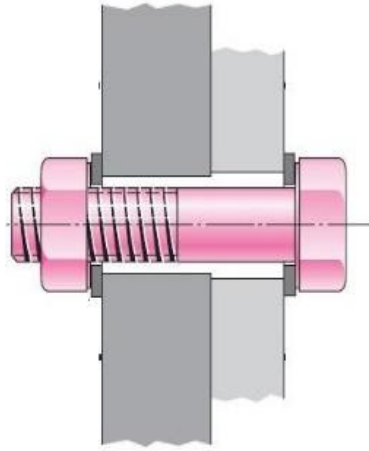


Figura 3.22 Esquema de perno

Para el diseño del perno la tabla 3.21 muestra la sumatoria de las masas de los elementos que soporta el perno sometido a cortante y flexión.

Tabla 3.21 Peso elementos que soporta la barra

CANTIDAD	ELEMENTO	PESO
1	Anillo Ventury	0,335 kg
2	Guía barra	0,246 kg
1	Brida base	1,551 kg
1	Soporte estructural	5,654 kg
1	Difusor	2,035 kg
TOTAL		9,821 kg

$$F_S = 21,651 \text{ lb}$$

Debido a que la carga a soportar F_S es pequeña de 21,651 lb y por accesibilidad en el mercado se escoge un perno 5/16 de pulgada del Anexo 12, que tiene una resistencia a la fluencia S_y de 36 Kpsi

$$A_s = 2 \left[\frac{\pi \left(\frac{5}{16} \right)^2}{4} \right]$$

$$A_s = 0,1534 \text{ plg}^2$$

Reemplazando de la ecuación 2.28

$$\tau = \frac{0,02165 \text{ Klb}}{0,1534 \text{ plg}^2}$$

$$\tau = 0,1411 \text{ Kpsi}$$

$$S_{sy} = 0,577S_y$$

Ecuación 3.12

$$S_{sy} = 0,577 (36 \text{ Kpsi})$$

$$S_{sy} = 20,772 \text{ Kpsi}$$

Reemplazando de la ecuación 2.29

$$\eta_{perno} = \frac{20,772 \text{ Kpsi}}{0,1411 \text{ Kpsi}}$$

$$\eta = 147,21 \rightarrow ok$$

$$A_b = e(\phi_p)$$

Ecuación 3.13

Donde:

A_b = Área de la rodadura del perno en el material [plg^2]

e = Espesor [plg]

ϕ_p = diámetro del perno [plg]

El perno sujeta 2 tipos de materiales:

- Madera 10 milímetros de espesor y S_y de 17,267 Kpsi (ver Anexo 13)
- Tol galvanizado 1 milímetro de espesor y S_y de 32,98 Kpsi (ver Anexo 14)

$$A_{bmadera} = e_{madera}(\phi_p)$$

$$A_{bmadera} = 0,3937 \text{ plg}(0,3125 \text{ plg})$$

$$A_{bmadera} = 0,12303 \text{ plg}^2$$

$$\sigma_{bmadera} = \frac{0,02165 \text{ Klb}}{0,12303 \text{ plg}^2}$$

$$\sigma_{bmadera} = 0,1759 \text{ Kpsi}$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_b} \quad \text{Ecuación 3.14}$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{bmadera}}$$

$$\eta_{madera} = \frac{17,267 \text{ Kpsi}}{0,1759 \text{ Kpsi}}$$

$$\eta_{madera} = 98,163 \rightarrow \text{ok}$$

$$A_{btol} = 0,03937 \text{ plg}(0,3125 \text{ plg})$$

$$A_{btol} = 0,0123 \text{ plg}^2$$

$$\sigma_{btol} = \frac{0,02165 \text{ Klb}}{0,0123 \text{ plg}^2}$$

$$\sigma_{btol} = 1,759 \text{ Kpsi}$$

$$\eta_{tol} = \frac{32,98 \text{ Kpsi}}{1,759 \text{ Kpsi}}$$

$$\eta_{tol} = 18,74 \rightarrow \text{ok}$$

3.2.8 Selección de ruedas y garruchas

Para la selección de una rueda apropiada al campo de aplicación al cual va a ser destinado, se deben tener en cuenta varios factores y considerar los siguientes pasos:

- Determinar la capacidad mínima necesaria para soportar la carga con seguridad.
- Elegir el tipo de rueda según la característica de suelo y el entorno de utilización.
- Combinar la rueda con un soporte adecuado verificando la capacidad del conjunto seleccionado y las condiciones de uso.

- **Determinar la capacidad mínima para soportar la carga con seguridad**

La carga al vacío que comprende el peso de los elementos de la máquina (C_{VO}) es de 143,40 kg, sumado a la carga a transportar (C_{tr}) que es el 1kg de confeti y el tanque lleno de CO₂ de 20,6 kg [36], resulta una carga total C_T de:

$$C_T = C_{VO} + C_{tr}$$

Ecuación 3.15

$$C_T = (143,40 + 1 + 20,6)kg$$

$$C_T = 165 kg$$

Esta carga total se dividirá para las 4 ruedas para obtener el peso que va a soportar cada una de ellas (C_{cr}).

$$C_{cr} = \frac{165 kg}{4}$$

$$C_{cr} = 41,25 kg$$

- **Elegir el tipo de rueda según la característica de suelo y el entorno**

El tipo de suelo y la presencia de obstáculos son factores que pueden influir en la selección de una rueda. Para ellos se presenta la tabla 3.22 donde se indica el material de la rueda según el lugar en donde se va a desempeñar.

Tabla 3.22 Material de rueda según tipo de suelo. [36]

MATERIAL DE LA RUEDA	TIPO DE SUELO
Pavimento de baldosas	Goma o poliuretano
Pavimento de asfalto	Goma elástica o neumático
Pavimento de tierra	Goma elástica o neumático
Pavimento con virutas	Goma elástica o neumático
Pavimento de cemento y resinas	Goma o poliuretano
Pavimento enrejado	Goma elástica o neumático

Debido a que el uso de la máquina generalmente se va a realizar en superficies de cemento o baldosas y periodos cortos de transporte el material de la rueda a escoger es de goma o poliuretano.

- **Combinar la rueda con un soporte adecuado**

Para poder dirigir el tiro del confeti en todas direcciones las ruedas delanteras y traseras deberán tener la capacidad de rotar, sin embargo, para darle mayor estabilidad las ruedas traseras estarán provistas de frenos en su soporte.

Es así que para un peso de 41,25 kg se seleccionan del Anexo 15 las ruedas delanteras giratorias LPA-TPA75G con un diámetro de 75 mm de la rueda y una capacidad de carga de 75 kg.

Para las ruedas traseras giratorias se selecciona unas LPA-TPA75G-FL con freno, diámetro de rueda de 75mm y capacidad de carga de 75 kg.

3.2.9 Diseño de tolva

Para el diseño de tolva se considera la cantidad de confeti a ser almacenado, su densidad y el caudal másico a razón de 3 segundos en la descarga, entonces los datos principales serían:

$$\dot{m}_{conf} = 0,167 \text{ kg/s (ver cálculo de velocidad de la mezcla en la base del difusor)}$$

$$\rho = 0,22 \text{ gr/cm}^3 \text{ (ver Anexo 17)}$$

$$m_{conf} = 1 \text{ kg (ver cálculo de velocidad de la mezcla en la base del difusor)}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V_{necesario} = \frac{1000 \text{ gr}}{0,22 \text{ gr/cm}^3}$$

$$V_{necesario} = 4545,454 \text{ cm}^3 = 4,545 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

De la figura 3.23 se obtienen los ángulos de inclinación y dimensiones principales del contenedor de confeti.

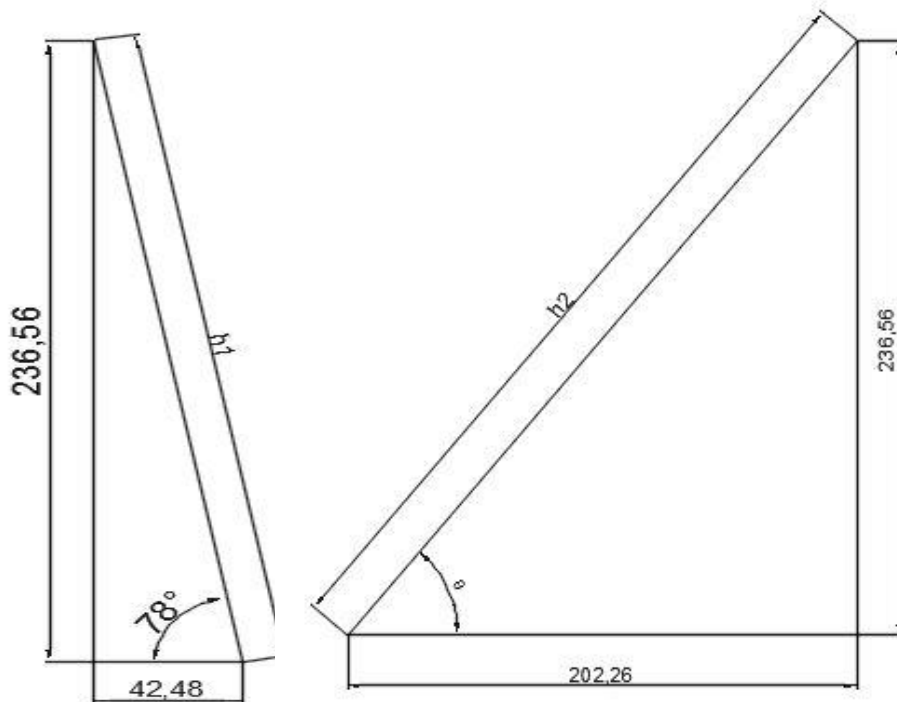


Figura 3.23 Dimensionamiento de la tolva

$$h_1 = \sqrt{(0,2365m)^2 + (0,0424m)^2}$$

$$h_1 = 0,2403 m$$

$$h_2 = \sqrt{(0,20226m)^2 + (0,23656m)^2}$$

$$h_2 = 0,3112 m$$

$$\text{sen}\alpha = \frac{0,23656 m}{0,3112 m}$$

$$\alpha = 49,469^\circ$$

La figura 3.24 muestra la división por secciones de la tolva para obtener el volumen total requerido

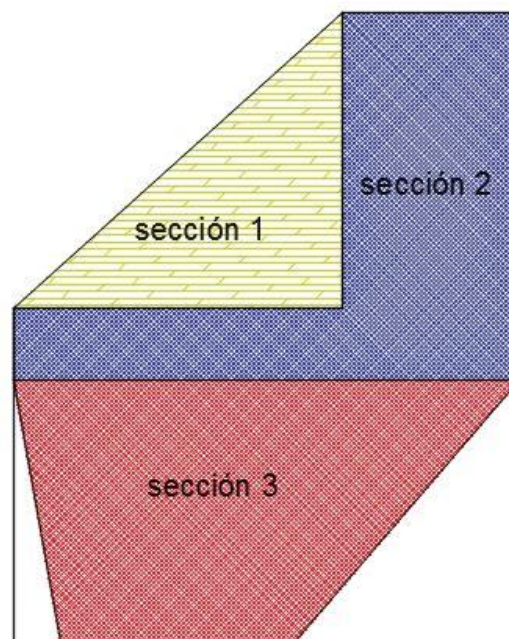


Figura 3.24 División por secciones de la tolva

$$V_{secc1} = \frac{(0,295 m)(0,265 m)}{2} * (0,271m)$$

$$V_{secc1} = 0,0105 m^3$$

$$V_{secc2} = (0,455 m)(0,065 m)(0,271 m) + (0,160 m)(0,265 m)(0,271 m)$$

$$V_{secc2} = 0,0195 m^3$$

$$V_{secc3} = V_{secc4} + V_{secc5} + V_{secc6}$$

$$V_{secc4} = \frac{(0,0424 \text{ m})(0,2365 \text{ m})}{2} * (0,271 \text{ m})$$

$$V_{secc4} = 0,00135 \text{ m}^3$$

$$V_{secc5} = (0,208 \text{ m})(0,235 \text{ m})(0,271 \text{ m})$$

$$V_{secc5} = 0,0132 \text{ m}^3$$

$$V_{secc6} = \frac{(0,202 \text{ m})(0,2365 \text{ m})}{2} * (0,271 \text{ m})$$

$$V_{secc6} = 0,00647 \text{ m}^3$$

$$V_{secc3} = 0,00135 \text{ m}^3 + 0,0132 \text{ m}^3 + 0,00647 \text{ m}^3$$

$$V_{secc3} = 0,0210 \text{ m}^3$$

$$V_{TOTAL} = V_{secc1} + V_{secc2} + V_{secc3}$$

$$V_{TOTAL} = 0,0105 \text{ m}^3 + 0,0195 \text{ m}^3 + 0,0210 \text{ m}^3$$

$$V_{TOTAL} = 0,051 \text{ m}^3$$

El volumen total de la tolva será siempre menor o igual al volumen requerido por el confeti.

$$V_{necesario} \leq V_{TOTAL}$$

$$0,0045 \text{ m}^3 \leq 0,051 \text{ m}^3 \rightarrow ok$$

3.2.10 Flujograma para el funcionamiento del equipo

Este flujograma está diseñado con todos los parámetros que tiene la máquina lanza confeti y evitar daños en su funcionamiento.

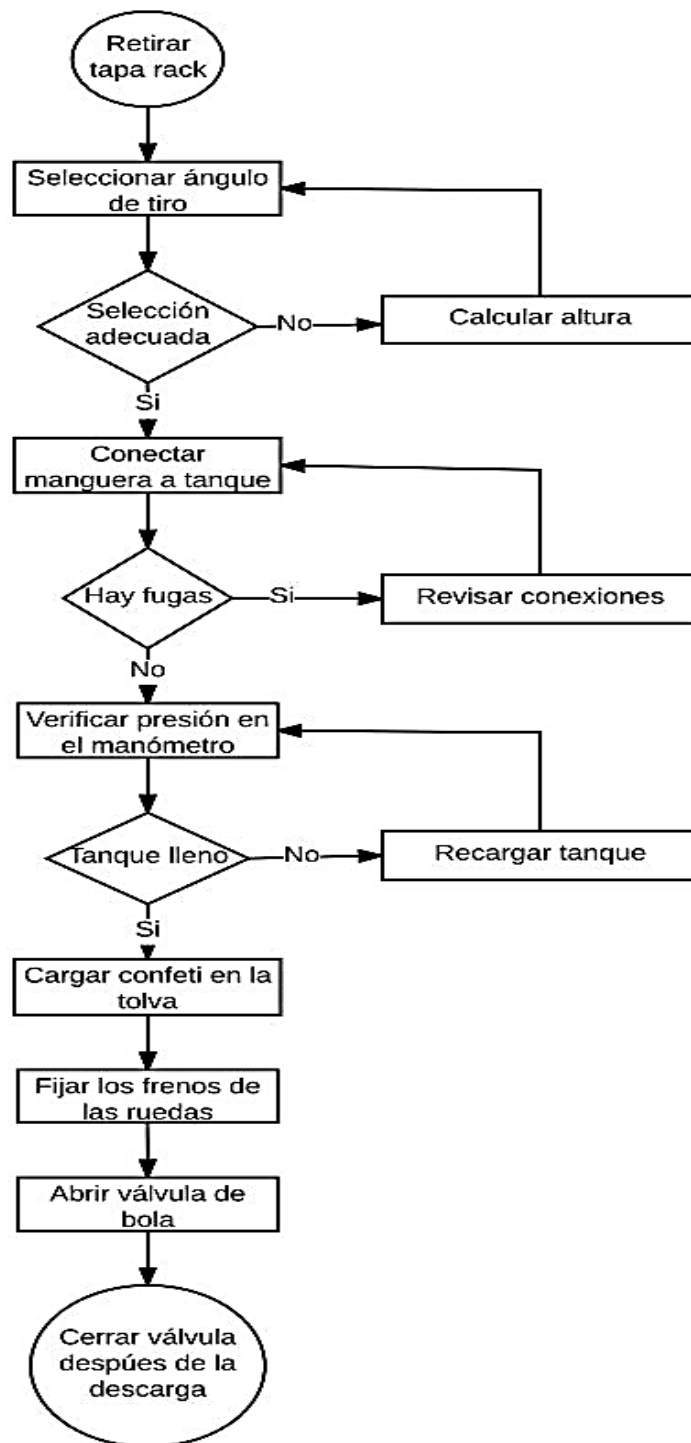


Figura 3.25 Flujograma de funcionamiento de la máquina

3.3 Presupuesto

3.3.1 Costos directos

Se consideran costos de materiales que sufren transformación, los costos de elementos prefabricados y el costo de mano de obra detallados en las tablas 3.23, 3.24 y 3.25

Tabla 3.23 Costo de materiales de máquina lanza confeti



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	COSTO MATERIALES		
Descripción	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
ESTRUCTURA			
Plancha galvanizada 1220*2440*1.1 mm	0,323 m ²	26,82	2,9
Eje AISI 1018 Ø1/2"*6000 mm	0,639 m	5,03	0,53
Tubo guía eje Ø1/2"*6000*1,2 mm	0,5 m	3,8	0,32
TOLVA			
Plancha galvanizada 1220*2440*1.1 mm	0,111 m ²	26,82	0,41
Tabla triplex 1220*2440*9 mm	1,579 m ²	27,41	14,54
Fórmica negra 1220*2440*1 mm	1,579 m ²	32,51	17,25
Perfil de aluminio 6000 mm	11,112 m	12,8	23,71
ANILLO VENTURI			
Tubo galvanizado Ø1/2"*6000*1,2 mm	0,0904 m	6,3	0,095
Tubo redondo Ø1/2"*6000*1,2 mm	0,424 m	11,2	0,79
DIFUSOR			
Plancha galvanizada 1220*2440*1,1 mm	0,228 m ²	26,82	2,05
VARIOS			
Alambre mig ER70S-6 Ø 0,8 mm 15kg	0,8 kg	23,1	1,23
Cemento de contacto 1lt	1lt	6,51	6,51
Anhidrido carbónico 1kg	0,5 kg	3,01	1,51
TOTAL COSTO MATERIALES (CM)			71,845

Tabla 3.24 Costo de elementos prefabricados de máquina lanza confeti



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	COSTO ELEMENTOS PREFABRICADOS		
Descripción	Cantidad (U)	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
ESTRUCTURA			
Perno galvanizado 5/16" * 1 1/2"	4	0,11	0,44
Tuerca galvanizada 5/16"	4	0,04	0,16
Sujetador bocina nylon 5/16"*10 mm	4	0,05	0,2
TOLVA			
Esquinero de bola	8	3,5	28
Esquinero plano	4	2,75	11
Chapa mariposa	2	6,9	13,8
Manija	2	8	16
Garrucha Ø 3" *50 kg	4	3	12
SISTEMA IMPULSOR			
Tanque CO2 20 lb	1	130	130
Manómetro	1	30	30
Acople tanque	1	20	20
Tee hembra	1	2,5	2,5
Macho prensado 1/2"	1	1,1	1,1
Hembra giratorio 1/2"	1	1,5	1,5
Adaptador 1/2 "	1	1,05	1,05
Alargue 1/4"	1	1	1
Manguera 100 R 1/2"	1	5,97	5,97
Válvula de bola 1/4 "	1	3	3
Cápsula R1 prensada	2	0,75	1,5
Codo galvanizado 1/2"	1	0,55	0,55
TOTAL COSTO ELEMENTOS PREFABRICADOS (CEP)			279,77

Tabla 3.25 Costo de mano de obra de máquina lanza confeti

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	COSTO MANO DE OBRA		
Operación	Tiempo (h)	Costo hora	Valor Total (\$)
Trazado	1	2,5	2,5
Cortado	2	3,5	7
Doblado	2	3,5	7
Barolado	1,5	6,5	9,75
Pulido	1	0,5	0,5
Soldado	1,5	9	13,5
Taladrado	1	3,5	3,5
Torneado	2	8	16
Pintado	2	12	24
TOTAL COSTO MANO DE OBRA (CMO)			83,75

3.3.2 Costos indirectos

Se considera costos de diseño y costos varios mostrados en las tablas 3.26 y 3.27

Tabla 3.26 Costo de diseño de máquina lanza confeti

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	COSTO DE DISEÑO		
Descripción			Valor Total (\$)
Elaboración de planos			40
Gastos informáticos			50
Pruebas de funcionamiento			70
TOTAL COSTO DE DISEÑO (CDD)			160



Tabla 3.27 Costos varios de máquina lanza confeti

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	COSTO VARIOS		
Descripción			Valor Total (\$)
Transporte			60
Gastos varios			40
TOTAL COSTOS VARIOS (CV)			100

3.3.3 Costo total del equipo

Sumatoria total de costos directos e indirectos ilustrado en la tabla 3.28

Tabla 3.28 Costo total de máquina lanza confeti

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	COSTO TOTAL EQUIPO		
Costos directos	Valor (\$)	Costos indirectos	Valor (\$)
CM	71,845	CDD	160
CEP	279,77	CV	100
CMO	83,75		
TOTAL CD	435,365	TOTAL CI	260
VALOR TOTAL MÁQUINA LANZA CONFETI (VT)			695,37

3.3.4 Análisis de costos

Para el análisis de costos se prevé establecer el costo de lanzamiento (CLC) de 0,5 Kg de confeti para la empresa M SHOW EVENTOS y el costo total de alquiler de la máquina (CTA).

- **Costo lanzamiento 1 Kg de confeti**

En la tabla 3.29 se muestra todos los gastos requeridos para lanzar 1 kg de confeti por evento contratado.

Tabla 3.29 Costo total lanzar 1 Kg confeti

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	COSTO LANZAR 1 Kg CONFETI		
Descripción	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Papel seda 25 U *500*700 mm	150 U	0,052	7,82
Troquelado 1kg	1 kg	10	10
CO ₂ 1kg	1,55 kg	3,01	4,66
Transporte	1 U	10	10
Operario	1 U	15	15
COSTO TOTAL LANZAR 1 KG CONFETI (CLC)			47,46

- **Depreciación anual (DA) y mensual (DM) de máquina lanza confeti**

La vida normal de las máquinas y herramientas es de 10 años o a su vez el 10% anual [26], por lo tanto, el valor total del equipo, o sea 695,37 dólares se reduce a una décima parte cada año así tenemos:

$$DA = VT * \% \text{ Anual}$$

$$DA = 695,37 * 0,1$$

$$DA = 69,54 \text{ dólares}$$

$$DM = \frac{64,59 \text{ dólares}}{12 \text{ meses}}$$

$$DM = 5,79 \text{ dolares mensuales}$$

- **Costo total de alquiler máquina lanza confeti (CTA)**

Una vez obtenido el costo de lanzamiento (costo variable) y la depreciación mensual del equipo (costo fijo) a través del costo total de la máquina, se determina el costo de alquiler mínimo incluido el porcentaje de ganancia y el impuesto IVA del 12%

Reemplazando de la ecuación 2.30

$$CT = 5,79 + (47,46 * 1)$$

$$CT = 53,25 \text{ dólares}$$

- **Costo de oportunidad**

El costo de oportunidad porcentual se determinará mediante indicadores económicos del Banco Central del Ecuador establecidos en el Anexo 18 para obtener el porcentaje que se debería cobrar por el alquiler de la máquina.

Tabla 3.30 Indicadores Económicos 2017

Fr	4,81 %	tasa libre de riesgo
Km	50%	tasa de mercado
I	0,14 %	Inflación

Fuente: Banco Central del Ecuador

Reemplazando de la ecuación 2.31 con los datos de la tabla 3.19

$$ke = 4,81 \% + (50 \% - 4,81 \%) + 0,14\%$$

$$ke = (4,81 + 45,19 + 0,14)\%$$

$$ke = 50,14 \%$$

$$CTA = (CT * Ke) + CT$$

$$CTA = (53,25 \text{ dólares} * 50,14\%) + 53,25 \text{ dólares}$$

$$PVP = 79,96 * 12 \% \text{ iva}$$

$$PVP = 89,55 \text{ dólares}$$

El precio de alquiler al público será de 89,55 dólares con un margen de ganancia del 50,14% muy por debajo de nuestro principal competidor (ver anexo 19) debido a que se pretende ingresar en el mercado de los efectos especiales.

3.4 Especificaciones técnicas

En las tablas 3.31 y 3.32 se muestran las especificaciones técnicas de la máquina lanza confeti y la ficha de componentes en condiciones ideales.

Tabla 3.31 Especificaciones técnicas máquina lanza confeti

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FICHA TÉCNICA			
Nombre del equipo:	Máquina Lanza Confeti		
Área:	Efectos especiales		
Especificaciones técnicas			
Fabricante:	Propia		
Modelo:	N/A		
Código:	01-MC-01		
Año:	2017		
Activación:	Manual		
Alcance:	12 metros		
Capacidad por tiro	0,5 Kg/ confeti		
Tanque de CO₂		Medidas	
Fabricante:	Luxfer	Alto:	83,62 cm
Modelo:	U498661	Ancho:	31 cm

Tabla 3.31 (Continuación)

Tipo:	Cilindros de bebidas	Profundidad:	70 cm
Presión de Servicio	1800 Psi	Peso:	165 kg
Capacidad de CO ₂	20 libras	Color:	Negro
Peso de Tara	25 libras	Sistema de transmisión	
Material	Aluminio	Tipo:	Anillo Venturi

Tabla 3.32 Ficha de componentes de máquina lanza confeti

		<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p style="text-align: center;">MÁQUINA DE CONFETI</p> <p style="text-align: center;">01-MC-01</p>			
FICHA DE COMPONENTES					
Sistema	Componentes	Código			
Impulsor	Cilindro de CO ₂	01-MC-CC-01			
Transmisión	Manguera	01-MC-MG-02			
	Acoples	01-MC-AC-03			
	Codo	01-MC-CD-04			
Medición	Manómetro	01-MC-MN-05			
	Válvula de bola	01-MC-VB-06			
Estructural	Estructura	01-MC-ES-07			
	Tolva	01-MC-TV-08			
Expulsor	Anillo Ventury	01-MC-AV-09			
	Difusor	01-MC-DF-10			

3.5 Operaciones de construcción de máquina lanza confeti

Las operaciones de construcción y el montaje de elementos se detallan en las tablas 3.33 y 3.34

Tabla 3.33 Elaboración de elementos máquina lanza confeti


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	MÁQUINA LANZA CONFETI				Código	1
					Revisión	1
	ELABORACIÓN DE ELEMENTOS				Fecha	20/03/2017
Elaborado por:	Marcelo Borja		Tiempo total		146,9	
Revisado por :	Ing. Mauricio Carrillo		Operadores		2	
<input checked="" type="radio"/> OPERACIÓN	<input type="checkbox"/> INSPECCIÓN		<input checked="" type="checkbox"/> ALMACENAMIENTO			
Descripción	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Dist.	Tiempo (h)	Observaciones
Diseño de la máquina de confeti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	100	
Adquisición de materiales	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	9	
ANILLO VENTURY						
Corte plancha de tol	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	0,5	Conforme a especificación
Verificación de medidas	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	0,3	
Rolado de anillo	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	3	
Soldadura de costuras de anillo	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	2	
Taladrado de agujero para ingreso de flujo	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	1	
Soldadura de anillo con tubo galvanizado	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	0,5	
Taladrado de agujeros para salida de flujo	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	1,5	
DIFUSOR						
Corte plancha de tol	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	1	Conforme a especificación
Verificación de medidas	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	0,2	
Soldadura de costuras de difusor	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	3	
SUJETADOR DE ANILLO						
Corte plancha de tol	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	0,3	Conforme a especificación
Verificación de medidas	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	0,3	
Soldadura sujetador al anillo y al difusor	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	2	
BARRAS FIJADORAS						
Torneado de barras	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	4	Conforme a especificación
Verificación de medidas	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	0,2	
GUÍA DE BARRAS FIJADORAS						
Corte plancha de tol	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	0,2	Conforme a especificación
Soldadura de costuras de guía barra	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	2,5	
BRIDA BASE						
Corte y doblado de partes de tol	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	2	Conforme a especificación
Soldadura de guías a brida base	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	1	
Soldadura de brida base a sujetador	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	1	
ESTRUCTURA						
Corte y soldadura de partes de estructura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	4	Conforme a especificación
Taladrado agujeros de inclinación	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	1	
Taladrado de agujeros para montaje	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	0,5	

Tabla 3.33 (Continuación)

TOLVA RACK						
Corte tabla triplex	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	1	Conforme a especificación
Verificación de medidas	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	0,3	
Pegado y cubierta de tolva con formica	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	4	
Taladrado de agujeros para ruedas	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	0,3	
Taladrado de agujeros para ingreso de aire	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	0,3	
TOTAL					146,9	

Tabla 3.34 Montaje de elementos máquina lanza confeti

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
	MÁQUINA LANZA CONFETI					Código	1
						Revisión	1
	MONTAJE DE ELEMENTOS					Fecha	20/03/2017
Elaborado por:	Marcelo Borja			Tiempo total		9,6	
Revisado por :	Ing. Mauricio Carrillo			Operadores		2	
<input checked="" type="radio"/> OPERACIÓN	<input type="checkbox"/> INSPECCIÓN			<input type="checkbox"/> ALMACENAMIENTO			
Descripción	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dist.	Tiempo (h)	Observaciones	
Ensamblaje de herrajes a tolva rack	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	3	Conforme a especificación	
Ensamblaje de ruedas y garruchas	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	2		
Montaje de difusor a estructura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	0,2		
Verificación de medidas	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	0,2		
Montaje de codo a salida de anillo	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	0,3		
Montaje de regulador de presión	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	0,5		
Montaje de manguera a regulador	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	0,3		
Ingreso de confeti en la tolva	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	0,1		
Verificación y control	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	3		
TOTAL					9,6		

3.6 Pruebas de funcionamiento y obtención de resultados

Una vez construida la máquina lanza confeti se realizó las respectivas pruebas de funcionamiento en base al ángulo de tiro de 90°, 78° y 66°, para determinar que la mayor parte del confeti alcance la altura deseada en dos ambientes distintos, con una cantidad de confeti de 0,5 Kg por cada lanzamiento y una presión de 755 Psi para todos los casos.



El primero en un espacio cerrado en condiciones ideales. los resultados de altura tiempo y consumo de CO₂ se muestran en la tabla 3.35

Tabla 3.35 Resultados lanzamiento de confeti en espacio cerrado

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	RESULTADOS ESPACIO CERRADO			
Cantidad	0,5 Kg	Presión	800 Psi	
ÁNGULO DE TIRO (°)	ALTURA (m)	CONSUMO CO₂ Kg/s	TIEMPO (s)	
66	8,2	0,513	2,6	
78	12,1	0,538	3	
90	15,3	0,552	4,5	

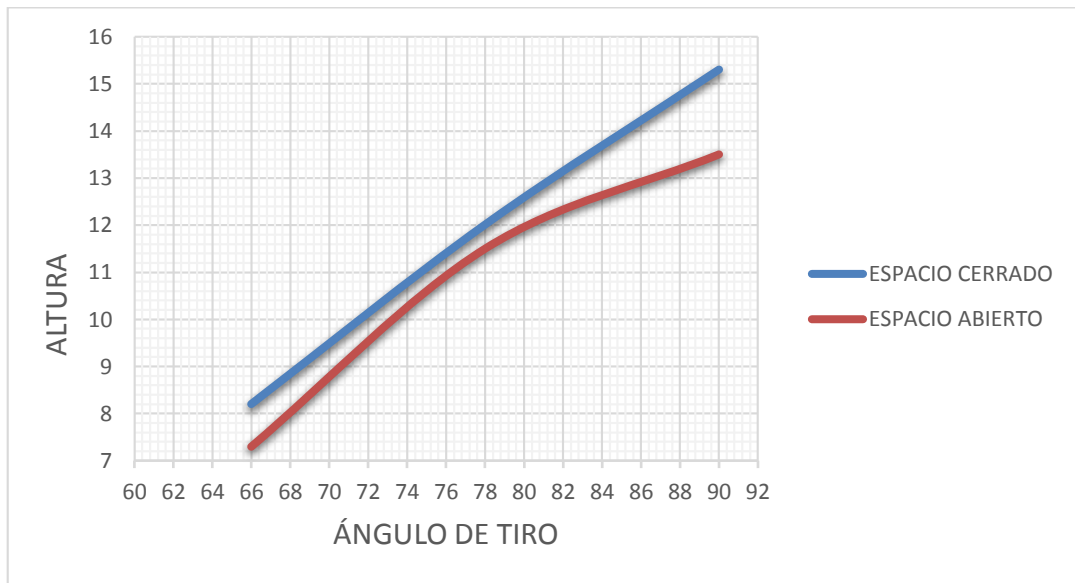
El segundo lanzamiento se realiza al aire libre, con una velocidad de viento que según pruebas de campo mediante aplicaciones de software libre se determina que la velocidad es de 5m/s, todos estos datos se muestran en la tabla 3.36

Tabla 3.36 Resultados lanzamiento de confeti en espacio abierto

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
	RESULTADOS ESPACIO ABIERTO				
Cantidad	0,5 Kg	Presión	800 Psi	Velocidad	5 m/s
ÁNGULO DE TIRO (°)	ALTURA (m)	CONSUMO CO₂ Kg/s	TIEMPO (s)		
66	7,3	0,525	2,8		
78	11,5	0,552	3,4		
90	13,5	0,563	4,8		

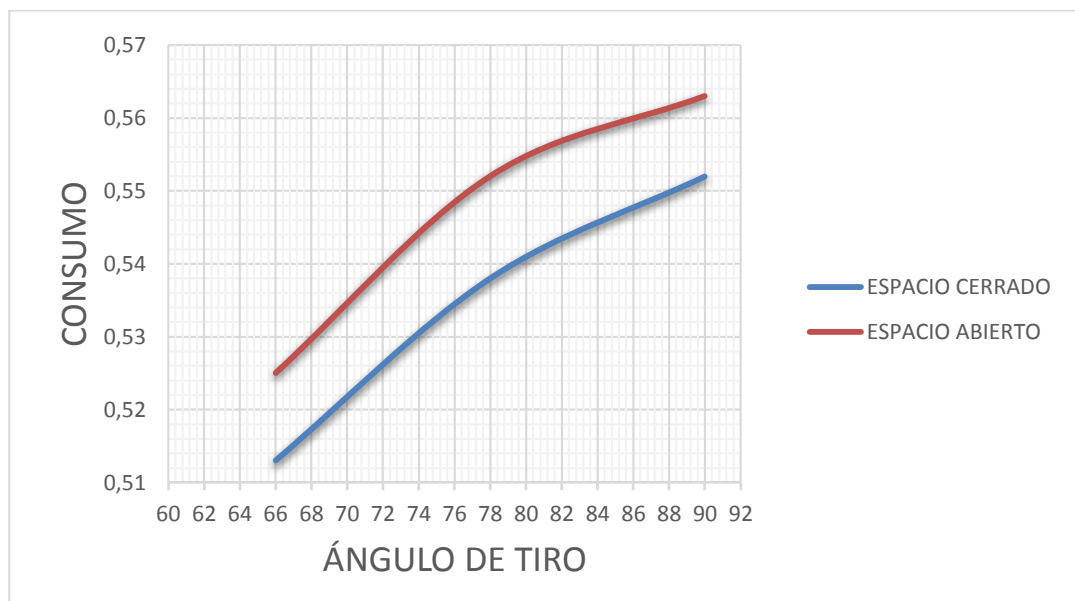
En la figura 3,26 se observa la variación de altura a la que llega el confeti respecto a los diferentes ángulos de tiro, siendo el que más altura alcanza de 15,3 metros en espacio cerrado a 90° y la menor altura de 7,3 metros con ángulo de tiro de 66° en espacio abierto.

Figura 3.26 Ángulo de tiro vs altura en espacio abierto y cerrado



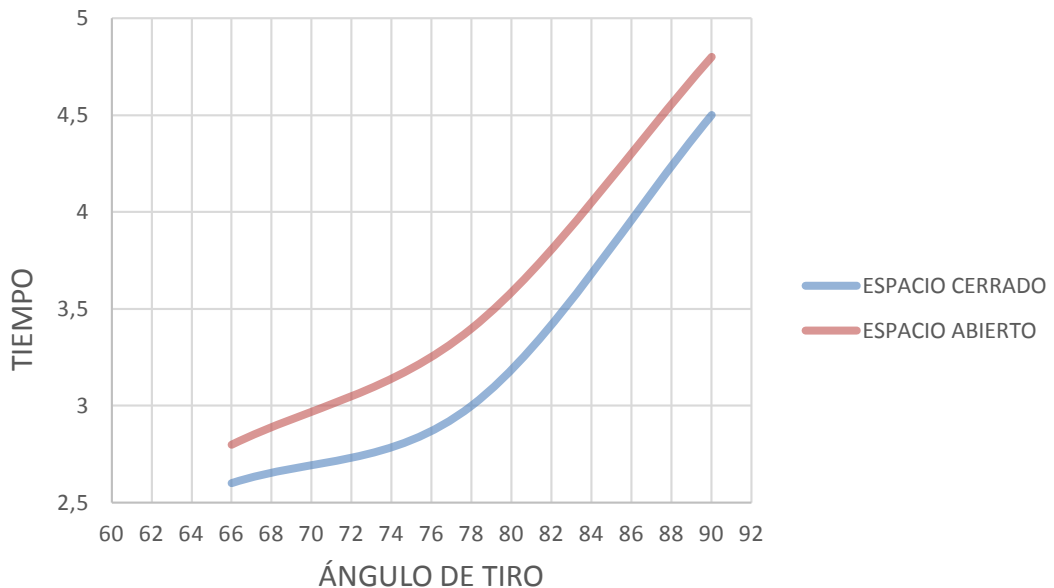
El consumo de CO_2 varía ligeramente en espacio abierto puesto que necesita mayor gasto de dióxido de carbono para contrarrestar la presencia de viento, es así que el mayor consumo es de 0,563 Kg/s a 90° en espacio abierto y el menor de 0,513 Kg/s en espacio cerrado a 66° de ángulo de tiro que sería el ideal, pero no alcanza la altura deseada.

Figura 3.27 Ángulo de tiro vs consumo de CO_2 en espacio abierto y cerrado



En cuanto a tiempos de descarga se refiere al igual que el consumo mayor es a 90° en espacio abierto con 4,8 segundos y el menor en espacio cerrado a 66° se demora 2,6 segundos.

Figura 3.28 Ángulo de tiro vs tiempo en espacio abierto y cerrado



Con los resultados obtenidos se muestra que el mejor ambiente para realizar el lanzamiento es en un espacio cerrado porque se evita la presencia de viento y demás factores climáticos, con ángulo de tiro de 78° puesto que se alcanza una altura de la mayor parte del confeti de 12 metros que es el principal requerimiento de la máquina, con un tiempo de descarga de 3 segundos y un consumo de CO₂ de 0,538 Kg/s. Sin embargo se mantiene la posibilidad de poder ir regulando la salida de CO₂ a través de la válvula del tanque y la válvula de esfera para poder ajustarse a la altura de los diversos escenarios donde se requiera de los servicios de alquiler del sistema.

CAPTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se selecciona un cilindro de CO₂ de 870 Psi de presión el cual disminuye en un 13% por pérdida de accesorios en la tubería. El ángulo de tiro con el cual la mayor parte del confeti alcanza una altura entre 12 a 13 metros es de 78° en espacio cerrado, a 66° en espacio abierto experimenta la menor disminución de altura de un 39 % y a 90° en espacio cerrado la máquina dispara el confeti en un 28% más alto respecto de su posición óptima. En cuanto a tiempos de descarga se refiere, 0,5 Kg de confeti se demoran de 3 a 3,5 segundos en desocuparse de la tolva a 78° de inclinación en espacio cerrado.
- El consumo de CO₂ aumenta ligeramente en espacio abierto puesto que necesita mayor gasto de dióxido de carbono para contrarrestar la presencia de viento, es así que a 78° consume de 0,521 a 0,543 Kg/s en espacio cerrado, a 90° aumenta en un 5% en espacio abierto y una reducción del 4% en espacio cerrado a 66° de ángulo de tiro que sería el ideal, pero únicamente alcanza de 7 a 8 metros de altura.
- La máquina lanza confeti tipo big blaster fue construida con materiales existentes en el mercado local, el tanque fabricado en aluminio para evitar corrosión por factores climáticos o fugas inesperadas, la activación del dióxido de carbono se realiza de forma manual, integrada con válvulas de salida tipo rosca para mayor seguridad y manómetro para constatar la presión a la que fluye el gas, el anillo Ventury con 8 orificios de salida dispuestos uniformemente en la parte superior del mismo, posibilidad de regular a 3 diferentes ángulos de tiro (66°, 78° y 90°) para que pueda ser utilizada en distintos espacios, las ruedas delanteras giratorias y traseras con freno para dar mayor movilidad y estabilidad al equipo, el papel confeti multicolor de forma rectangular y ligero para alcanzar un efecto de caída más lento, la geometría de la tolva de almacenamiento con ángulo de inclinación para aprovechar la aspiración todo el contenido del recipiente.

4.2 Recomendaciones

- No dirigir el difusor hacia personas, animales u objetos y asegurarse de que el espacio sea lo suficientemente alto del requerido por la máquina para no ocasionar golpes e inconvenientes.
- Usar únicamente confeti ignífugo para prevenir riesgos de incendio sobre todo en locales o pabellones cerrados y mezclarlo una vez ingresado en la tolva para que los colores sean homogéneos y se esparza con mayor amplitud en el escenario.
- Evitar usar la máquina lanza confeti en espacios lluviosos o con presencia de viento fuerte ya que afectaría la altura de tiro deseada, en caso de ser posible solo ocuparla en espacios cerrados.
- Seleccionar materiales ligeros y que faciliten el transporte debido a que la máquina será utilizada en diferentes lugares, además de ser compacta para que ocupe el menor espacio posible.
- Colocar aislante y ajustar los elementos de unión a tope entre accesorios como tuercas, codos, tees, mangueras, válvulas, para evitar fugas del CO₂ y posible refrigeración de los elementos ocasionando quemaduras por manipulación indebida.
- Ubicar los frenos de las ruedas traseras al momento de descargar el confeti, no fijar el aparato en posiciones inclinadas o en ubicaciones extremadamente calientes, frías, polvorientas o sin ventilación adecuada.
- Nunca descargar el CO₂ del tanque en sentido horizontal, puesto que ocasionaría obstrucción del regulador y su desactivación, tampoco se debe exponer el cilindro a fuego directo para obtener mayor presión interna.
- Limpiar el aparato con un paño suave humedecido ligeramente con una solución de detergente suave. No utilizar ningún tipo de estropajos abrasivos, polvo desengrasante ni disolventes para no estropear la pintura
- Realizar un mantenimiento periódico de toda la instalación para garantizar su funcionamiento seguro y correcto, de esta forma se evitar accidentes y averías, compruebe el estado de la manguera por donde circula el CO₂ antes y después de cada uso. Es recomendable la sustitución de la manguera antes de que ésta presente síntomas de deterioro.

MATERIAL DE REFERENCIA

Bibliografía

- [1] T. J. Reveen, «Cañon de Confeti». Estados Unidos Patente US5149290, 22 Septiembre 1992.
- [2] Guangzhou OAO lighting Co. Ltd, *RE: Mr. Marcelo Borja Ecuador*, China, 2012.
- [3] Firefly Shows y Eventos, *RE: Cotización Máquina de Confeti*, Quito, 2012.
- [4] G. William Daub y W. Seese, «Dióxido de Carbono,» de *Química*, México, Pearson Educación, 2005, p. 283.
- [5] Gobierno de España, «Registro Estatal de Emisiones y Fuertes Contaminantes,» Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, [En línea]. Available: <http://www.prtr-es.es/>. [Último acceso: 20 Julio 2016].
- [6] Abelló Linde, «Linde Group,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.abellolinde.es>.
- [7] B. T. L., «Diagrama de fases del dióxido de carbono,» de *Química. La ciencia central*, México, Pearson Educación, 2004.
- [8] Lenntech BV , [En línea]. Available: <http://www.lenntech.es/>. [Último acceso: 25 Junio 2016].
- [9] Abelló Linde, 2012. [En línea]. Available: <http://www.abellolinde.com>.
- [10] TLV, «Compañía especialista en vapor,» [En línea]. Available: <http://www.tlv.com>. [Último acceso: 16 Abril 2017].
- [11] Sylvan Cases, «Sylvan Cases,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.sylvancases.com>. [Último acceso: 28 Abril 2017].
- [12] «3D Flight Cases Ltd,» 27 Julio 2017. [En línea]. Available: <http://www.3d-cases.co.uk>. [Último acceso: 29 Agosto 2017].

- [13] OMEGA ENGINEERING, «OMEGA,» 2003. [En línea]. Available: <http://es.omega.com/>. [Último acceso: 15 AGOSTO 2016].
- [14] M. d. I. p. d. España, «Lanzador de Confeti,» 1998.
- [15] Sonicolor, «Sonicolor,» [En línea]. Available: <http://www.sonicolor.net>. [Último acceso: 30 Agosto 2017].
- [16] PYROTECNY, «PYROTECNY,» [En línea]. Available: <http://pyrotecny.com>. [Último acceso: 1 AGOSTO 2016].
- [17] VAISALA, «VAISALA,» 2013. [En línea]. Available: www.vaisala.com. [Último acceso: 10 agosto 2016].
- [18] Y. A. Cengel y J. M. Cimbala, «Mecánica de Fluidos,» R. d. Bosque, Ed., México, McGraw-Hill, 2006, p. 368.
- [19] J. R. Vilorio, Neumática, Hidráulica y Electricidad aplicada, Paraninfo.
- [20] R. L. Mott, «Mecánica de Fluidos,» México, Pearson Educación, 2006, pp. 476
- [21] R. C. Hibbeler, Dinámica, México: Pearson Educación, 2010.
- [22] M. A. Sánchez, «IES Leonardo da Vinci de Alicante,» [En línea]. Available: www.iesleonardoalacant.es. [Último acceso: 5 Enero 2017].
- [23] R. Mott, Mecánica de Fluidos, México: Pearson Educación, 2010.
- [24] G. B. J. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica, México: McGraw-Hill, 2008.
- [25] McCormac, Diseño de Estructuras Metálicas, México: Alfaomega, 2006.
- [26] L. M. J. Amores, Interviewee, *Plantas Industriales II*. [Entrevista]. 19 Enero 2017.
- [27] Máquinas Fx, «Máquinas Fx Efectos Especiales,» [En línea]. Available: <http://maquinasfx.com>. [Último acceso: 12 Septiembre 2017].
- [28] C. R. Romeba, de *Diseño Concurrente*, Barcelona, UPC, 2002, pp. 59-60.

- [29] Luxfer, «Luxfer Gas Cylinders,» [En línea]. Available: <http://www.luxfercylinders.com>. [Último acceso: 5 Septiembre 2017].
- [30] EUTÓPICA, «EUTÓPICA,» [En línea]. Available: <https://www.eutopica.com>. [Último acceso: 23 Mayo 2017].
- [31] GRUPO AGUILERA, «AGUILERA,» [En línea]. Available: www.aguilera.es . [Último acceso: 2017 Junio 01].
- [32] METAL ACTUAL, «METAL ACTUAL,» [En línea]. Available: www.metalactual.com. [Último acceso: 5 Junio 2017].
- [33] A. H. Lefebvre, Gas Turbine Combustion, New York: CRC Press, 2010.
- [34] UNIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE TACHIRA, «UNET,» [En línea]. Available: <http://www.unet.edu.ve>. [Último acceso: 17 Junio 2017].
- [35] CRANE, Flujo de Fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, McGraw-Hill.
- [36] TELLUREROTA, «TELLUREROTA,» [En línea]. Available: <http://www.tellurerota.com>. [Último acceso: 18 Mayo 2017].
- [37] CONFETTISHOTS, 1998. [En línea]. Available: <http://www.confettishots.com/>. [Último acceso: 5 AGOSTO 2016].
- [38] MAVAISA, «MAVAINSA,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.mavainsa.com/>. [Último acceso: 15 AGOSTO 2016].
- [39] BLICKLE HISPANIA S.A, «BLICKLE,» 2016. [En línea]. Available: www.blickle.es. [Último acceso: 18 Mayo 2017].
- [40] ANSUL, «ANSUL,» [En línea]. Available: <https://www.ansul.com>. [Último acceso: 10 Octubre 2016].
- [41] INDURA, «INDURA Grupo AIR PRODUCTS,» [En línea]. Available: <http://www.indura.com.ec/web/ec>. [Último acceso: 20 Noviembre 2016].
- [42] ECUATEPI, «ECUATEPI S.A,» [En línea]. Available: <http://www.ecuatepi.com/>. [Último acceso: 23 Noviembre 2016].

ANEXOS

ANEXO 1
ESPECIFICACIONES CILINDROS CO₂

Carbon Dioxide Gas Cylinder - Aluminum

Specifications

Sales Part Number	Service Pressure		Capacity CO ₂ 68% Fill		Capacity N ₂		Outside Diameter		Overall Length		Empty Weight		Minimum Internal Volume	
	psi	bar	lbs	kg	cu ft	liters	in	mm	in	mm	lbs	kg	cu in	liters
C1.2	1800	124	1.3	0.6	3.6	102.1	3.21	81.41	9.5	241.1	1.5	0.7	51	0.8
C1.5	1800	124	1.6	0.7	4.6	130.2	3.21	81.41	11.5	292.1	1.8	0.8	65	1.1
C218	1800	124	2.0	0.9	5.8	164.2	4.38	111.13	9.0	228.6	3.0	1.4	82	1.3
C25H	1800	124	2.5	1.1	7.2	204.3	4.38	111.13	10.4	263.5	3.4	1.5	102	1.7
C005	1800	124	5.0	2.3	14.5	410.5	5.25	133.35	14.2	361.6	7.6	2.8	205	3.4
C010	1800	124	10.0	4.5	28.9	817.1	6.89	175.01	16.6	422.3	12.9	5.9	408	6.7
C015	1800	124	15.0	6.8	43.3	1225.6	6.89	175.01	23.2	589.0	17.2	7.8	612	10.0
C020	1800	124	20.0	9.1	57.7	1634.1	8.00	203.20	23.3	591.6	25.1	11.4	816	13.4
C035	1800	124	35.0	15.9	101.1	2861.7	8.00	203.20	38.0	966.3	37.2	16.9	1429	23.4
C050	1800	124	50.0	22.7	144.3	4085.3	8.60	218.44	46.3	1176.7	50.6	22.9	2040	33.4

Fuente: LUXFER, Gas cylinders

ANEXO 2
NORMA INEN 2377.2005

NTE ILNEN 2 377

2005-01

6.2.3.6 Los envases que contienen dióxido de carbono se deben almacenar fuera de las áreas de producción y procesamiento, ascensores, salidas de edificios y habitaciones o corredores principales que lleven a salidas.

6.2.3.7 Se debe evitar el almacenamiento de envases vacíos y llenos en el mismo lugar, a fin de prevenir confusiones. Se debe usar letreros que permitan una diferenciación adecuada entre envases llenos y vacíos.

6.2.3.8 El dióxido de carbono líquido debe ser transportado y almacenado de la siguiente manera:

- a. 80% del volumen del envase en fase líquida y el resto de volumen en fase gaseosa.
- b. Se debe almacenar y/o transportar grandes cantidades de dióxido de carbono líquido, en contenedores aislados y presurizados máximo a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura y 2,07 MPa (300 psi) de presión.
- c. Cuando se almacene pequeñas cantidades (menores o iguales a 20 kg) de dióxido de carbono se debe usar cilindros a temperatura ambiente y 6,0 MPa (870 psi) de presión.
- d. El dióxido de carbono se debe almacenar en cilindros que tengan válvulas de seguridad.

6.2.4 *Salud*

6.2.4.1 El dióxido de carbono en concentraciones del 2% al 10%, puede causar dolor de cabeza, perturbación mental, aumento de la presión sanguínea y del grado de respiración.

6.2.4.2 El dióxido de carbono en concentraciones iguales o mayores del 10%, en pocos minutos puede producir asfixia e inconsciencia.

Fuente: INEN, Norma 2377

ANEXO 3
CONSTANTE DE GASES

TABLA A-2

Calores específicos de gas ideal de varios gases comunes

a) A 300 K

Gas	Fórmula	Constante de gas, R kJ/kg · K	c_p kJ/kg · K	c_v kJ/kg · K	k
Aire	—	0.2870	1.005	0.718	1.400
Argón	Ar	0.2081	0.5203	0.3122	1.667
Butano	C_4H_{10}	0.1433	1.7164	1.5734	1.091
Dióxido de carbono	CO_2	0.1889	0.846	0.657	1.289
Etano	C_2H_6	0.2765	1.7662	1.4897	1.186
Etileno	C_2H_4	0.2964	1.5482	1.2518	1.237
Helio	He	2.0769	5.1926	3.1156	1.667
Hidrógeno	H_2	4.1240	14.307	10.183	1.405
Metano	CH_4	0.5182	2.2537	1.7354	1.299
Monóxido de carbono	CO	0.2968	1.040	0.744	1.400
Neón	Ne	0.4119	1.0299	0.6179	1.667
Nitrógeno	N_2	0.2968	1.039	0.743	1.400
Octano	C_8H_{18}	0.0729	1.7113	1.6385	1.044
Oxígeno	O_2	0.2598	0.918	0.658	1.395
Propano	C_3H_8	0.1885	1.6794	1.4909	1.126
Vapor	H_2O	0.4615	1.8723	1.4108	1.327

Nota: La unidad kJ/kg · K es equivalente a kJ/kg · °C.

Fuente: *Chemical and Process Thermodynamics* 3a. ed., por Kyle, B.G., © 2000. Adaptado con permiso de Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, Nueva Jersey.

Fuente: CENGEL, Termodinámica

ANEXO 4 PROPIEDADES FÍSICAS DEL CO₂

Dióxido de carbono

CO₂

GASES TÉCNICOS

Marcado

Número-CAS 124-38-9

Caracterización ADR UN 1013, Dióxido de carbono, 2.2 Clase 2, 2 A

Marcado de la Botella  ojiva: gris

Propiedades esenciales

Gas incoloro, inodoro, asfixiante, licuado, más pesado que el aire

Simbología de Riesgo



Gas licuado

Para información adicional de seguridad ver Hoja de Seguridad del producto ESP-CO2-018A

Descripción

Gas licuado, incoloro con un leve sabor ácido al respirarlo. Durante la expansión el dióxido de carbono puede enfriarse por debajo de la temperatura de sublimación. Esto resulta en CO₂-nieve (hielo seco).

detección prueba del tubo de ensayo

Datos de seguridad

TLV 5000 ml/m³

Materiales

Botellas y Válvulas: cualquier material habitual
En presencia de humedad hay peligro de corrosión del acero
Juntas: PTFE, PCTFE, PVDF, PA, PP

Características Físicas			
Peso molecular	44,0098 kg/kmol	Presión de vapor a 20°C	57,258 bar
Punto Crítico		Densidad del gas a 0°C y 1,013 bar	1,9767 kg/m ³
Temperatura	304,21 K	Densidad relativa al aire	1,5289
Presión	73,825 bar	Densidad del gas a 15°C y 1 bar	1,8474 kg/m ³
Densidad	0,466 kg/l	Factor de Conversión	
Punto Triple		Líquido en Ts a gas en m ³ (15°C, 1 bar)	
Temperatura	216,58 K	Coefficiente Virial	
Presión	5,185 bar	Bn a 0°C	-6,64*10 ⁻³ bar ⁻¹
Punto de Ebullición		B30 a 30°C	-4,78*10 ⁻³ bar ⁻¹
Temperatura	194,674 K; -78,5 °C	Estado Gaseoso a 25°C y 1 bar	
Densidad de líquido	(punto de sublimación)	Capacidad calorífica específica cp	0,8504 kJ/kg K
Calor de evaporación	573,02 kJ/kg	Conductividad térmica	164*10 ⁻⁴ W/m K
		Viscosidad dinámica	14,833*10 ⁻⁶ Ns/m ²

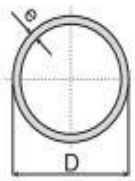
Fuente: MESSER, Propiedades del dióxido de carbono

ANEXO 5

ESPECIFICACIONES TUBERÍA ½ PULGADA

Cañerías ASTM A-53/Gr. A/B

Especificaciones Generales	
Diámetros:	1/2" a 6"
Largo normal:	6 m. Otros largos previa consulta.
Recubrimiento:	Negro, galvanizado.
Terminación:	Extremos: Refrentado, biselado y roscado.
Inspección:	Prueba Hidrostática.
Acoples a pedido:	Roscado Cañerías ASTM: Hilo NPT



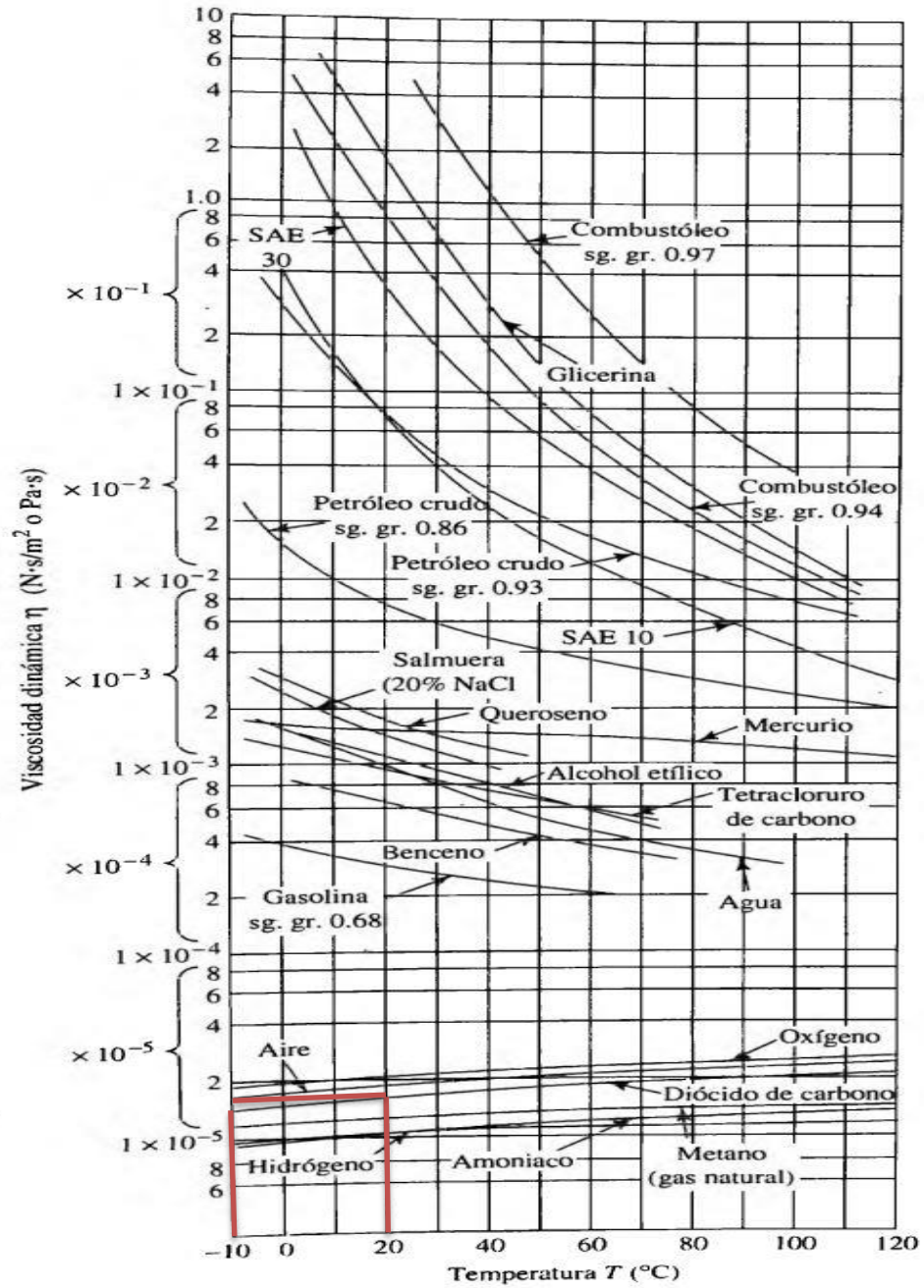
Designación	Diámetro exterior	Espesor nominal	Peso teórico	Presión de prueba		Propiedades			
				Grado A	Grado B	Área	I	W	i
Diámetro nominal	D	e	P	kg/cm ²	kg/cm ²	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
Pulgadas	mm	mm	kg/m						
1/2"	21,3	2,77	1,27	49,2	49,2	1,61	0,71	0,66	0,66
3/4"	26,7	2,87	1,69	49,2	49,2	2,15	1,55	1,16	0,85
1"	33,4	3,38	2,50	49,2	49,2	3,19	3,64	2,18	1,07
1 1/4"	42,2	3,56	3,39	84,4	91,4	4,32	8,13	3,85	1,37
1 1/2"	48,3	3,68	4,05	84,4	91,4	5,16	12,93	5,35	1,58
2"	60,3	3,91	5,44	161,7	175,8	6,93	27,66	9,18	2,00
2 1/2"	73,0	5,16	8,63	175,8	175,8	11,00	63,63	17,43	2,41
3"	88,9	5,49	11,29	156,1	175,8	14,39	125,65	28,27	2,96
4"	114,3	6,02	16,07	133,6	155,4	20,48	301,05	52,68	3,83
6"	168,3	7,11	28,26	106,9	125,1	36,00	1171,62	139,23	5,70
6"	168,3	5,00	20,14	75,2	87,9	25,65	855,84	108,13	5,78
6"	168,3	6,00	24,02	90,2	105,2	29,46	1008,69	119,87	5,85

Los productos destacados son fabricados a pedido y lote mínimo, consulte por stock en formato especial.



Fuente: CINTAC, Catálogo de tuberías

ANEXO 6 VISCOCIDAD DINÁMICA



Fuente: MOTT, Mecánica de Fluidos

ANEXO 7
RUGOSIDAD MATERIALES

Material	Rugosidad (m)	Rugosidad (ft)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	$3,0 \times 10^{-7}$	$9,8 \times 10^{-7}$
Tubo extruido, cobre, latón y acero	$1,5 \times 10^{-6}$	$4,9 \times 10^{-6}$
Acero comercial o soldado	$4,6 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-4}$
Hierro galvanizado	$1,5 \times 10^{-4}$	$4,9 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil recubierto	$1,2 \times 10^{-4}$	$3,9 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil no recubierto	$2,4 \times 10^{-4}$	$7,9 \times 10^{-4}$
Concreto, bien fabricado	$1,2 \times 10^{-4}$	$3,9 \times 10^{-4}$
Acero Remachado	$1,8 \times 10^{-4}$	$5,9 \times 10^{-4}$

Fuente: MOTT, Mecánica de Fluidos

ANEXO 8
VALORES DE C_0 PARA DIFUSORES

SR2-5 Diffuser, Free Discharge

A_1/A_0	Re/1000	C_0 Values									
		θ									
		8	10	14	20	30	45	60	90	120	
1	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	50	0.65	0.68	0.74	0.82	0.92	1.05	1.10	1.08	1.08	
	100	0.61	0.66	0.73	0.81	0.90	1.04	1.09	1.08	1.08	
	200	0.57	0.61	0.70	0.79	0.89	1.04	1.09	1.08	1.08	
	400	0.50	0.56	0.64	0.76	0.88	1.02	1.07	1.08	1.08	
	2000	0.50	0.56	0.64	0.76	0.88	1.02	1.07	1.08	1.08	
4	50	0.53	0.60	0.69	0.78	0.90	1.02	1.07	1.09	1.09	
	100	0.49	0.55	0.66	0.78	0.90	1.02	1.07	1.09	1.09	
	200	0.42	0.50	0.62	0.74	0.87	1.00	1.06	1.08	1.08	
	400	0.36	0.44	0.56	0.70	0.84	0.99	1.06	1.08	1.08	
	2000	0.36	0.44	0.56	0.70	0.84	0.99	1.06	1.08	1.08	
6	50	0.50	0.57	0.66	0.77	0.91	1.02	1.07	1.08	1.08	
	100	0.47	0.54	0.63	0.76	0.98	1.02	1.07	1.08	1.08	
	200	0.42	0.48	0.60	0.73	0.88	1.00	1.06	1.08	1.08	
	400	0.34	0.44	0.56	0.73	0.86	0.98	1.06	1.08	1.08	
	2000	0.34	0.44	0.56	0.73	0.86	0.98	1.06	1.08	1.08	
10	50	0.45	0.53	0.64	0.74	0.85	0.97	1.10	1.12	1.12	
	100	0.40	0.48	0.62	0.73	0.85	0.97	1.10	1.12	1.12	
	200	0.34	0.44	0.56	0.69	0.82	0.95	1.10	1.11	1.11	
	400	0.28	0.40	0.55	0.67	0.80	0.93	1.09	1.11	1.11	
	2000	0.28	0.40	0.55	0.67	0.80	0.93	1.09	1.11	1.11	

Fuente: AMERICAN SOCIETY OF HEATING, Diffuser

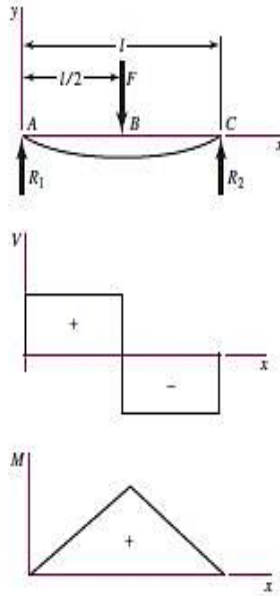
ANEXO 9

APOYOS SIMPLES CARGA CENTRAL

Tabla A-9

Cortante, momento y deflexión de vigas (continuación)
 (Nota: La fuerza y las reacciones de momento son positivas en las direcciones que se muestran; las ecuaciones de la fuerza cortante V y el momento cortante M siguen las convenciones de signos que se dieron en la sección 3-2.)

5 Apoyos simples: carga central



$$R_1 = R_2 = \frac{F}{2}$$

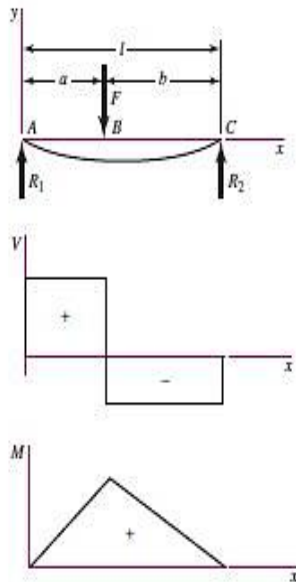
$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

$$M_{AB} = \frac{Fx}{2} \quad M_{BC} = \frac{F}{2}(l-x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx}{48EI}(4x^2 - 3l^2)$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{Fl^3}{48EI}$$

6 Apoyos simples: carga intermedia



$$R_1 = \frac{Fb}{l} \quad R_2 = \frac{Fa}{l}$$

$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

$$M_{AB} = \frac{Fbx}{l} \quad M_{BC} = \frac{Fa}{l}(l-x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fbx}{6EI}(x^2 + b^2 - l^2)$$

$$y_{BC} = \frac{Fa(l-x)}{6EI}(x^2 + a^2 - 2lx)$$

(continúa)

Fuente: SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO 10
RESISTENCIA A LA TENSION Y A LA FLUENCIA

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Fuente: SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO 11

ENSAYOS A TENSIÓN METALES

Tabla A-22

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales* Fuente: J. Datsko, "Solid Materials", capítulo 32, en Joseph E. Shi Brown, jr. (editores en jefe). *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGrawHill, Nueva York, 2004, pp. 32.49-32.52.

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)			
			Fluencia S_y MPa (kpsi)	Última S_w MPa (kpsi)	A la fractura, σ_f MPa (kpsi)	Coficiente σ_0 MPa (kpsi)
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) [†]	620 (90.0)
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) [†]	992 (144)
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) [†]	758 (110)
1045	Acero	TyR 600°F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)	1 880 (273) [†]
4142	Acero	TyR 600°F	1 720 (250)	1 930 (210)	2 340 (340)	1 760 (255) [†]
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221) [†]	1 410 (205)
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233) [†]	1 270 (185)
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) [†]	620 (90)
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) [†]	689 (100)
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) [†]	882 (128)

*Los valores se toman de uno o dos colados y se considera que pueden obtenerse usando especificaciones de compra. La deformación por fractura puede variar hasta en 100%.

[†]Valor dinámico.










Fuente: SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO 12

ESPECIFICACIONES ASTM PARA PERNOS DE ACERO

Tabla 8-10

Especificaciones ASTM para pernos de acero

Designación ASTM núm.	Intervalo de tamaños, de prueba inclusivo, pulg	Resistencia de prueba mínima, ^a kpsi	Resistencia mínima a la tensión, ^a kpsi	Resistencia mínima a la fluencia, ^a kpsi	Material	Marca en la cabeza
A307	$\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo carbono	
A325, tipo 1	$\frac{1}{2}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero de medio carbono, T y R	
A325, tipo 2	$\frac{1}{2}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
A325, tipo 3	$\frac{1}{2}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero no temperizado, T y R	
A354, grado BC	$\frac{1}{2}$ - $2\frac{1}{2}$ $2\frac{3}{4}$ -4	105 95	125 115	109 99	Acero aleado, T y R	
A354, grado BD	$\frac{1}{2}$ -4	120	150	130	Acero aleado, T y R	
A449	$\frac{1}{8}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$ $1\frac{3}{4}$ -3	85 74 55	120 105 90	92 81 58	Acero de medio carbono, T y R	
A490, tipo 1	$\frac{1}{2}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero aleado, T y R	
A490, tipo 3	$\frac{1}{2}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero no temperizado, T y R	

^aLas resistencias mínimas son las resistencias que excede 99% de los sujetadores.

Fuente: SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO 13
RESISTENCIA A LA FLUENCIA DE LA MADERA

Plano y Estado	Probetas ensayadas (n)	Media* Kgf/cm ²	C. V (%)
Seco (12% de C.H)	28	1214.04 a	34.26
Verde (44% de C.H)	28	634.36 b	28.57
Tangencial Seco	14	1235.29 a	41.70
Radial Seco	14	1192.80 a	25.55
Radial Verde	14	638.47 b	26.09
Tangencial Verde	14	630.24 b	31.90

Fuente: RA XIMHAI, Propiedades físicas y mecánicas de la madera

ANEXO 14
RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL TOL GALVANIZADO

Designación del ASTM.	Producto	Grado	F _y (min) kg/cm ²	F _u (min/max) kg/cm ²	% elongación en 5.08 cm (min)	F _u /F _y (min)	
A653/A653M-95 Esta especificación cubre a láminas de acero con recubrimiento de zinc (galvanizado) o con aleación de zinc con hierro (galvanizado y endurecido) en longitudes cortadas o carretes. El galvanizado se realiza por el proceso de inmersión en caliente. Se incluyen varios grados basados en la resistencia por fluencia en acero estructural (SS) y en alta resistencia y baja aleación (HSLA). Las láminas HSLA están disponibles en Tipo I y II. HSLA Tipo I se recomienda cuando se requiere formabilidad mejorada en comparación con SS. El Tipo II tiene aun mayor formabilidad que el Tipo I. Los productos bajo la especificación A653/A653M-95 deben cumplir con las últimas modificaciones de A924/A924M, excepto cuando se indique lo contrario en la aplicación.	Lámina	SS					
			33	2319	3162	20	1.36
			37	2600	3654	18	1.41
			40	2811	3865	16	1.38
			50 Clase 1	3514	4568	12	1.30
			50 Clase 3	3514	4919	12	1.40
			HSLA				
			Tipo I				
			50	3514	4216	20	1.20
			60	4216	4919	16	1.17
			70	4919	5622	12	1.14
			80	5622	6325	10	1.13
			HSLA				
			Tipo II				
			50	3514	4216	22	1.20
		60	4216	4919	18	1.17	
		70	4919	5622	14	1.14	
		80	5622	6325	12	1.13	

Fuente: ACADEMIA, Propiedades de acero galvanizado

ANEXO 15 CATÁLOGO DE RUEDAS

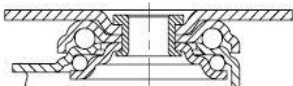


Serie: LPA-TPA, BPA-TPA, LKPA-TPA, BKPA-TPA

**Ruedas domésticas con soporte,
con platina atornillable, rueda con banda
de rodadura de goma termoplástica**

50 - 120 kg

RoHS



Ruedas giratorias	Ruedas fijas	Ruedas con freno "stop-fix"	∅ Rueda [mm]	Ancho rueda [mm]	Capacidad de carga [kg]	Tipo de rodamiento	Altura total [mm]	Dimensión de platina [mm]	Distancia agujeros [mm]	∅ Agujero tornillo [mm]	Voladizo rueda girat. [mm]
LPA-TPA 50G	BPA-TPA 50G	LPA-TPA 50G-FI *	50	19	50	Casq. liso	71	60 x 60	38x38/48x48	6,2	25
LPA-TPA 50K-FK	BPA-TPA 50K-FK	LPA-TPA 50K-FI-FK *	50	19	50	a bolas (C)	71	60 x 60	38x38/48x48	6,2	25
LPA-TPA 75G	BPA-TPA 75G	LPA-TPA 75G-FI *	75	25	75	Casq. liso	100	60 x 60	38x38/48x48	6,2	29
LPA-TPA 75K-FK	BPA-TPA 75K-FK	LPA-TPA 75K-FI-FK *	75	25	75	a bolas (C)	100	60 x 60	38x38/48x48	6,2	29
LKPA-TPA 80G	BKPA-TPA 80G	LKPA-TPA 80G-FI	80	32	100	Casq. liso	111	90 x 66	75x45/61x51	8,5	40
LKPA-TPA 80K-FK	BKPA-TPA 80K-FK	LKPA-TPA 80K-FI-FK	80	32	100	a bolas (C)	111	90 x 66	75x45/61x51	8,5	40
LPA-TPA 100G		LPA-TPA 100G-FI *	100	25	70	Casq. liso	123	60 x 60	38x38/48x48	6,2	33
LKPA-TPA 101G	BKPA-TPA 101G	LKPA-TPA 101G-FI	100	32	110	Casq. liso	136	90 x 66	75x45/61x51	8,5	40
LKPA-TPA 101K-FK	BKPA-TPA 101K-FK	LKPA-TPA 101K-FI-FK	100	32	110	a bolas (C)	136	90 x 66	75x45/61x51	8,5	40
LKPA-TPA 126G	BKPA-TPA 126G	LKPA-TPA 126G-FI	125	32	120	Casq. liso	161	90 x 66	75x45/61x51	8,5	40
LKPA-TPA 126K-FK	BKPA-TPA 126K-FK	LKPA-TPA 126K-FI-FK	125	32	120	a bolas (C)	161	90 x 66	75x45/61x51	8,5	40
LKPA-TPA 150G	BKPA-TPA 150G	LKPA-TPA 150G-FI	150	32	110	Casq. liso	185	90 x 66	75x45/61x51	8,5	40
LKPA-TPA 150K	BKPA-TPA 150K	LKPA-TPA 150K-FI	150	32	110	a bolas	185	90 x 66	75x45/61x51	8,5	40

Fuente: BLICKLE, catálogo de ruedas

ANEXO 16

COTIZACIÓN CO2



1-800-INDURA(463872)
www.indura.net

PROFORMA – ES1016-03 Srs: M SHOW EVENTOS

Ambato, 07 de Octubre del 2016

Atención: Sr.: Marcelo Borja

Me es grato presentar a usted nuestra oferta de los siguientes productos:

Item	Codigo	Producto	UDM	Cant	Precio Unitario \$	Precio Total	IVA 14% \$	Precio Final \$
1	40-LAA	Anhidrido Carbónico 20 Kg	Cyl	1	30,70	30,70	4,30	35,00
2	65	Anhidrido Carbónico 1 Kg	Kg	1	2,64	2,64	0,37	3,01
3	4000107	Arriendo de cilindro	Cyl	1	7,00	7,00	0,98	7,98

INDURA trabaja bajo estándares internacionales de seguridad, cuidado del medio ambiente y calidad

CONDICIONES COMERCIALES:

- ◆ Forma de pago: Crédito 15 días.
- ◆ Plazo de entrega: Tres días previa recepción de Orden de compra.
- ◆ Sitio de entrega: Donde el cliente lo requiera.
- ◆ Validez de la oferta: 15 días
- ◆ Para efectos tributarios: Somos Contribuyentes especiales
- ◆ **Precio final incluye IVA correspondiente de ley.**

Atentamente

Ing. Edison Santamaría
Jefe de Sucursal
INDURA ECUADOR S.A.
0999515753

Sucursal Ambato:
Km 1 ½ Panamericana Sur Av. Atahualpa y
Olimpo Cardenas
Telefax: 03-2587146
Cel: 0999515753
Pedidos: 1-800-INDURA (463 872)

1

Fuente: INDURA, Proforma ES1016-03

ANEXO 17
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PAPEL CREPE

TIPO			42/60	60/90	60/120	60/170	80/120	80/160	100/150	100/200
PAPEL BASE										
Espesor		mm	0.05	0.09	0.09	0.09	0.12	0.12	0.14	0.14
Densidad		g/cm ³	0.75	0.69	0.68	0.68	0.69	0.69	0.71	0.71
Gramaje		g/m ²	42	61	61	61	83	83	101	101
PAPEL CORRUGADO										
Espesor		mm	0.29	0.27	0.33	0.40	0.30	0.36	0.41	0.48
Densidad		g/cm ³	0.22	0.36	0.37	0.44	0.41	0.46	0.38	0.43
Gramaje		g/m ²	60	94	124	179	123	167	156	207
Elongación	MD	%	50	56	105	190	53	101	55	104
	CMD	%	3.6	3.5	3.7	4.2	3.5	4.0	4.4	4.7
Resistencia a tracción	MD	N/mm ²	10.3	12.3	10.1	7.5	14.7	11	11.0	9.5
	Ancho 30mm	N	96	105	92	90	135	110	150	135
	CMD	N/mm ²	12.9	13	12.8	15.4	12.6	15	12	14
Conductividad del extracto acuoso		mS/cm	38	39	39	39	36	36	40	40
Valor de pH			7.7	7.6	7.8	7.8	7.7	7.7	7.4	7.8
Absorción de aceite		%	50	51	50	52	49	44	52	53
Contenido de cenizas		%	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Rigidez dieléctrica en aceite extendido al 80% (10 capas).		kV/cm	200	250	230	210	260	240	240	226
Factor de pérdidas en aceite@										
	20°C		0.022	0.0023	0.0020	0.0018	0.0020	0.0024	0.0021	0.0021
@ 90°C		0.078	0.0073	0.0084	0.0080	0.0095	0.0092	0.0051	0.0045	

Fuente: WEIDMANN, Normas IEC 243 – 250 - 554.

ANEXO 18
INDICADORES ECONÓMICOS

**Banco Central
del Ecuador**



▶ <u>Deuda Externa Pública como % del PIB (Diciembre 2015):</u>	<u>20.40%</u>
▶ <u>Inflación Anual (Abril-2017/Abril-2016):</u>	<u>1.09%</u>
▶ <u>Inflación Mensual (Abril-2017):</u>	<u>0.43%</u>
▶ <u>Tasa de Desempleo Urbano a Marzo-2017:</u>	<u>5.64%</u>
▶ <u>Tasa de interés activa (Mayo - 2017):</u>	<u>7.37%</u>
▶ <u>Tasa de interés pasiva (Mayo - 2017):</u>	<u>4.82%</u>
▶ <u>Barril Petróleo (WTI 21-may-17):</u>	<u>50.33USD</u>
▶ <u>Indice Dow Jones (21-may-2017):</u>	<u>20804.84</u>

Fuente: BCE, Indicadores económicos

ANEXO 19
COTIZACIÓN MÁQUINA LANZA CONFETI



Luis Saavedra <efectosespecialesecuador@gmail.com>

para mí ▾

Estimado Dr. Galo Vinuesa.

Gusto en saludarle.

COTIZACION SOLICITADA - BODA / AMBATO 06 MAYO 2017:

- 01 Maquina de Confety - lluvia de Papel Blanco. (03 salidas Vals y Fiesta). (220usd).
 - 01 Maquina de Humo Bajo Profesional. (03 salidas Vals y Fiesta). (220usd).
 - 04 Pirotecnias en frio a Control Remoto inalambrica. (Vals). (150usd).
 - 01 Viáticos para Ambato. (200usd).
 - Incluye Técnicos, Instalación y Activación de equipos.
- COSTO ESPECIAL POR PAQUETE: 790usd.**

DATOS BANCARIOS:

BANCO DEL PICHINCHA

CUENTA AHORROS [3013891100](#)

A nombre del Sr. LUIS SAAVEDRA

C.I. 171272350-9

DEPOSITO DE 790usd. con anticipación en EFECTIVO.

Si requiere FACTURA, se incrementa el valor del IVA.

Espero su pronta confirmación.

Estaremos gustosos de poder formar parte de su evento, y hacer de el un espectáculo totalmente inolvidable.

NOTA: Por favor confirmenos la correcta recepción de esta información.

Att.

Sr. Luis Saavedra

Gerente Propietario

www.firefly.ec

NOTA: Puede apreciar los videos de mi trabajo ingresando al link de YOUTUBE de mi pagina web por favor.

Fuente: Firefly Efectos Especiales

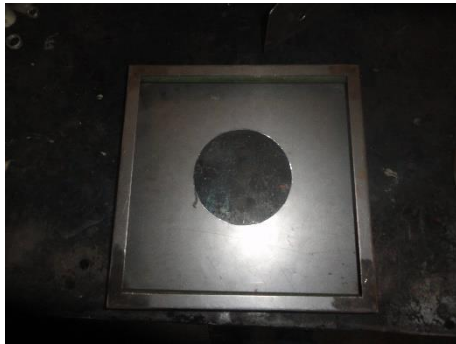
ANEXO 20
PROCESO DE FABRICACIÓN



Anillo Venturi



Estructura



Base anillo Venturi



Difusor



Tolva



Tapa Rack



Barra fijadora

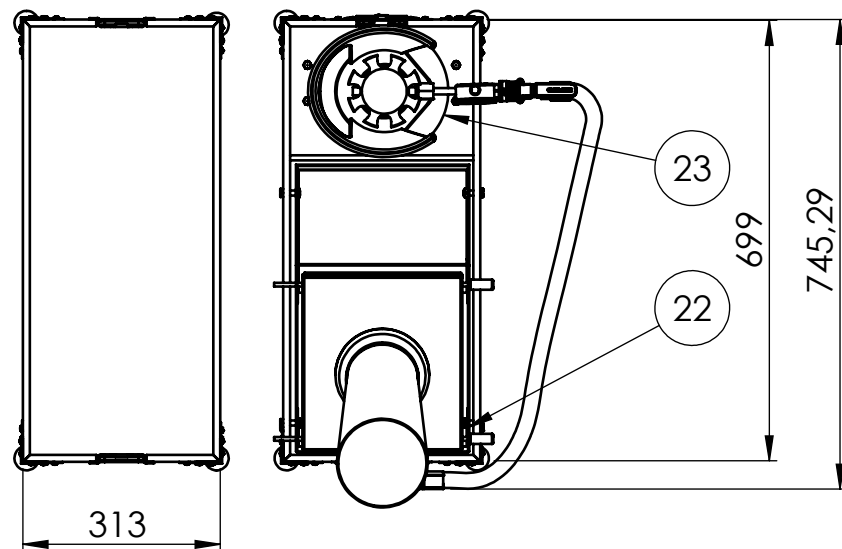
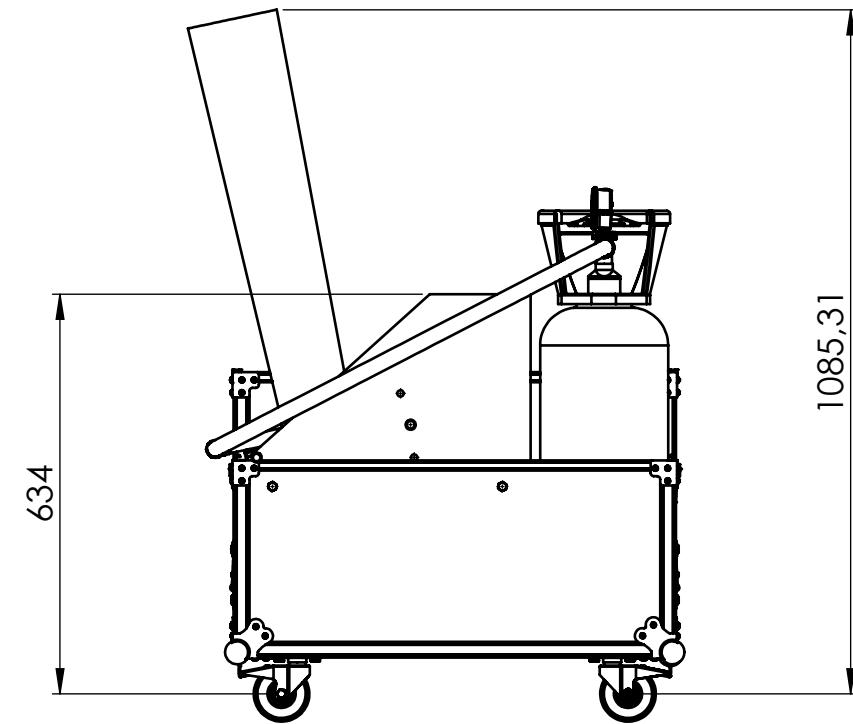
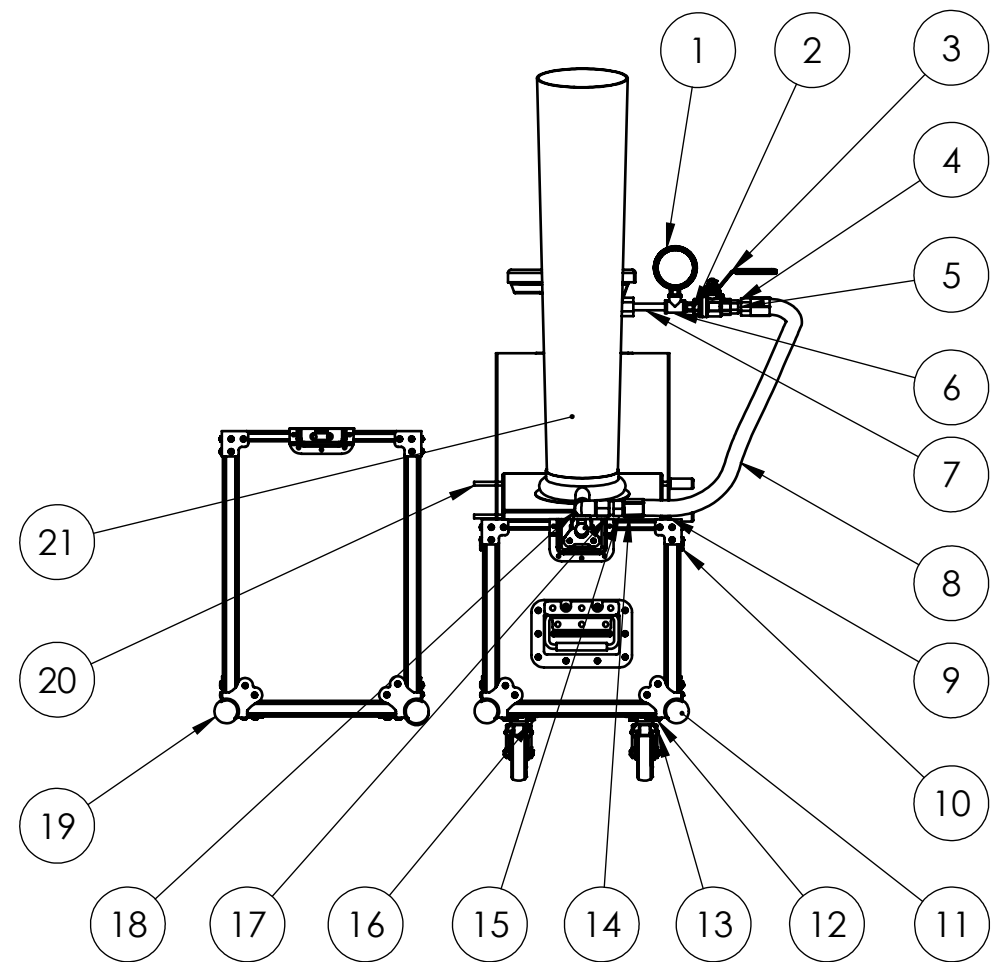


Conjunto de control y medición



Máquina lanza confeti

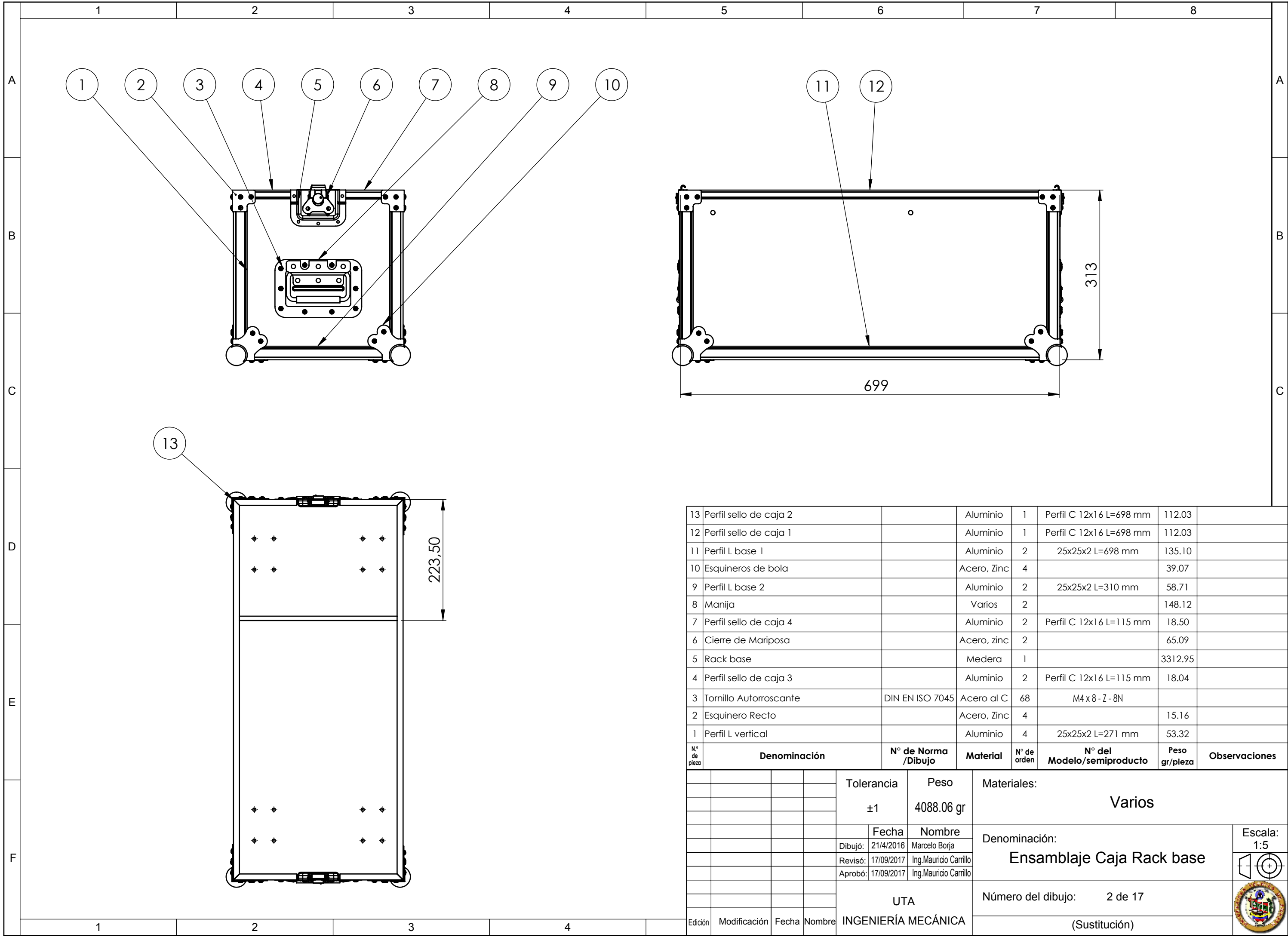
PLANOS



23	Tanque CO2		Varios	1		10 kg	
22	Tuerca	ASTM		4	0.3125-24-D-N		
21	Difusor + soporte estructural		Told	1		6.4 Kg	
20	Barra fijadora	AISI	AISI 1020	2		128.95	
19	Caja Rack tapa		Madera	1		64.4 kg	
18	Codo		Acero al C	1	90°-1/2"	115.5	
17	Adaptador de 112 in		Acero al C	1		88.5	
16	Tuerca	ASTM	Acero al C	16	0.2500-20-D-N		
15	Hembra giratorio prensado		Acero al C	1		84.06	
14	Ferrula R1		Acero al C	2	Ferrula R1 1/2"	78.5	
13	Rueda Eje Móvil		Varios	4			
12	Perno	ASTM	Acero al C	16	0.2500-20x0.625x0.625-N		
11	Caja Rack base		Madera	1		63,8 kg	
10	Perno	ASTM	Acero al C	4	0.3125-24x1x0.875-N		
9	Cuerpo Tolva		Told	1		6.39 Kg	
8	Manguera R 100		Varios	1			
7	Reducción Bush		Latón	1		121.78	
6	Tee Hembra		Bronce	1		125.7	
5	Macho prensado		Acero al C	1	3/8" HOSETAIL 1/2" BSP	127.79	
4	Alargue 3/8 a 1/4		Bronce	1	3/8"-1/4" NTP hex	85.9	
3	Válvula de esfera	AISI	Varios	1	Ball valve G1/4"	329.5	
2	Unión	NTP	Bronce	1	1-1/2" BSP BMS HEX NIPPLE	90,67	
1	Manómetro		Varios	1		430	
N° de pieza	Denominación	N° de Norma/Dibujo	Material	N° de orden	N° de Modelo/semiproducto	Peso gr/piez	Observaciones

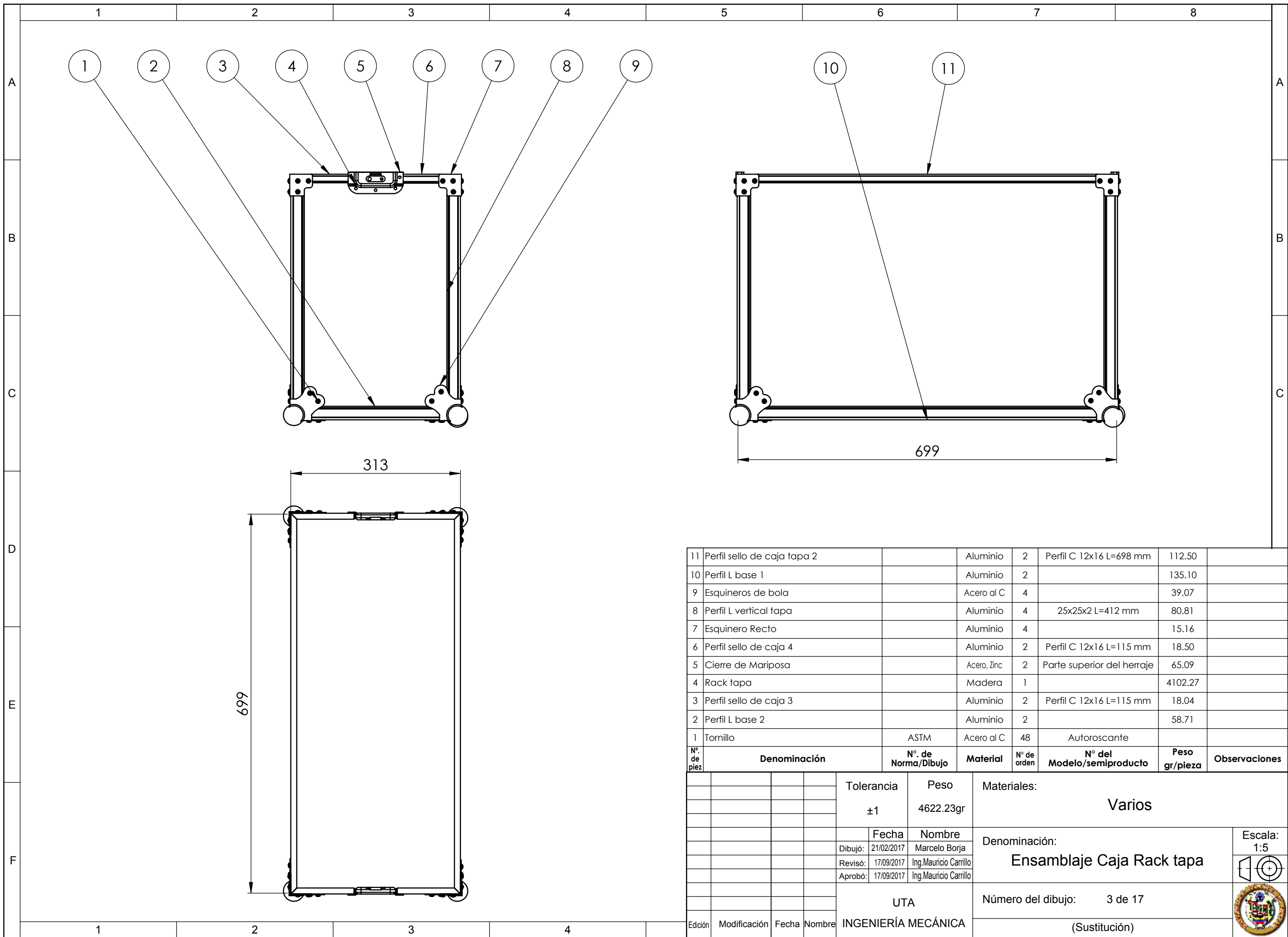
Tolerancia	Peso	Materiales:			
±1	28420.95gr	Varios			
Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
Dibujó: 21/02/2017	Marcelo Borja			LANZA CONFETI- LISTA DE MATERIALES	1:10
Revisó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo				
Aprobó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo				
UTA		Número de Lámina:	1 de 17		
INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)			





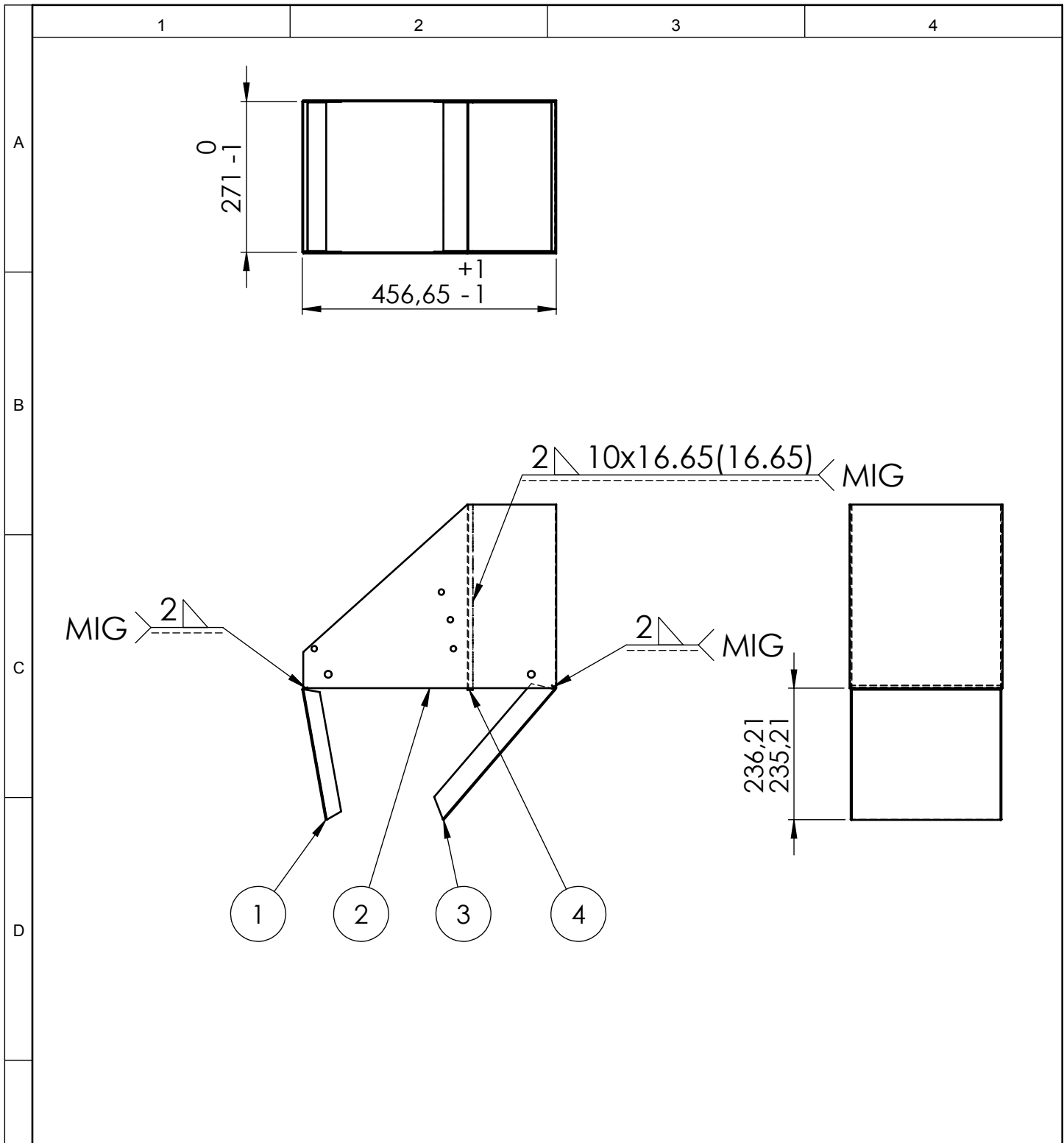
13	Perfil sello de caja 2		Aluminio	1	Perfil C 12x16 L=698 mm	112.03	
12	Perfil sello de caja 1		Aluminio	1	Perfil C 12x16 L=698 mm	112.03	
11	Perfil L base 1		Aluminio	2	25x25x2 L=698 mm	135.10	
10	Esquineros de bola		Acero, Zinc	4		39.07	
9	Perfil L base 2		Aluminio	2	25x25x2 L=310 mm	58.71	
8	Manija		Varios	2		148.12	
7	Perfil sello de caja 4		Aluminio	2	Perfil C 12x16 L=115 mm	18.50	
6	Cierre de Mariposa		Acero, zinc	2		65.09	
5	Rack base		Medera	1		3312.95	
4	Perfil sello de caja 3		Aluminio	2	Perfil C 12x16 L=115 mm	18.04	
3	Tornillo Autorroscante	DIN EN ISO 7045	Acero al C	68	M4 x 8 - Z - 8N		
2	Esquinero Recto		Acero, Zinc	4		15.16	
1	Perfil L vertical		Aluminio	4	25x25x2 L=271 mm	53.32	
N° de pieza	Denominación	N° de Norma /Dibujo	Material	N° de orden	N° del Modelo/semiproducto	Peso gr/pieza	Observaciones
				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	4088.06 gr	Varios	
				Fecha	Nombre	Denominación: Ensamblaje Caja Rack base	
				Dibujó: 21/4/2016	Marcelo Borja		
				Revisó: 17/09/2017	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 17/09/2017	Ing. Mauricio Carrillo		
				UTA		Número del dibujo: 2 de 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	





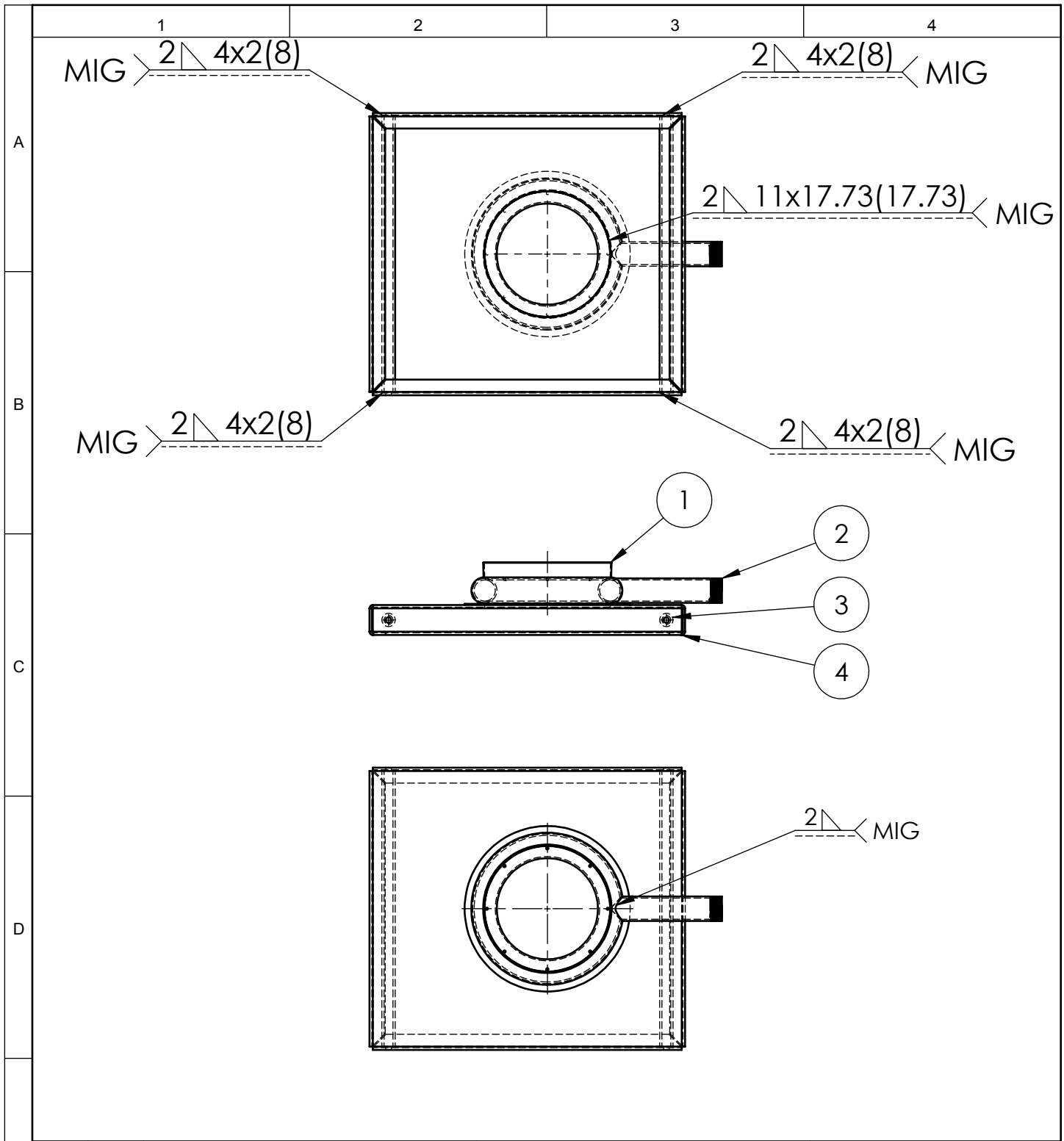
Nº. de pieza	Denominación	Nº. de Norma/Dibujo	Material	Nº de orden	Nº del Modelo/semiproducto	Peso gr/pieza	Observaciones
11	Perfil sello de caja tapa 2		Aluminio	2	Perfil C 12x16 L=698 mm	112.50	
10	Perfil L base 1		Aluminio	2		135.10	
9	Esquineros de bola		Acero al C	4		39.07	
8	Perfil L vertical tapa		Aluminio	4	25x25x2 L=412 mm	80.81	
7	Esquinero Recto		Aluminio	4		15.16	
6	Perfil sello de caja 4		Aluminio	2	Perfil C 12x16 L=115 mm	18.50	
5	Cierre de Mariposa		Acero, Zinc	2	Parte superior del herraje	65.09	
4	Rack tapa		Madera	1		4102.27	
3	Perfil sello de caja 3		Aluminio	2	Perfil C 12x16 L=115 mm	18.04	
2	Perfil L base 2		Aluminio	2		58.71	
1	Tornillo	ASTM	Acero al C	48	Autoroscante		
Tolerancia		Peso		Materiales:			
±1		4622.23gr		Varios			
Fecha		Nombre		Denominación:			Escala:
Dibujó: 21/02/2017		Marcelo Borja		Ensamblaje Caja Rack tapa			1:5
Revisó: 17/09/2017		Ing. Mauricio Carrillo					
Aprobó: 17/09/2017		Ing. Mauricio Carrillo					
UTA				Número del dibujo:		3 de 17	
INGENIERÍA MECÁNICA				(Sustitución)			





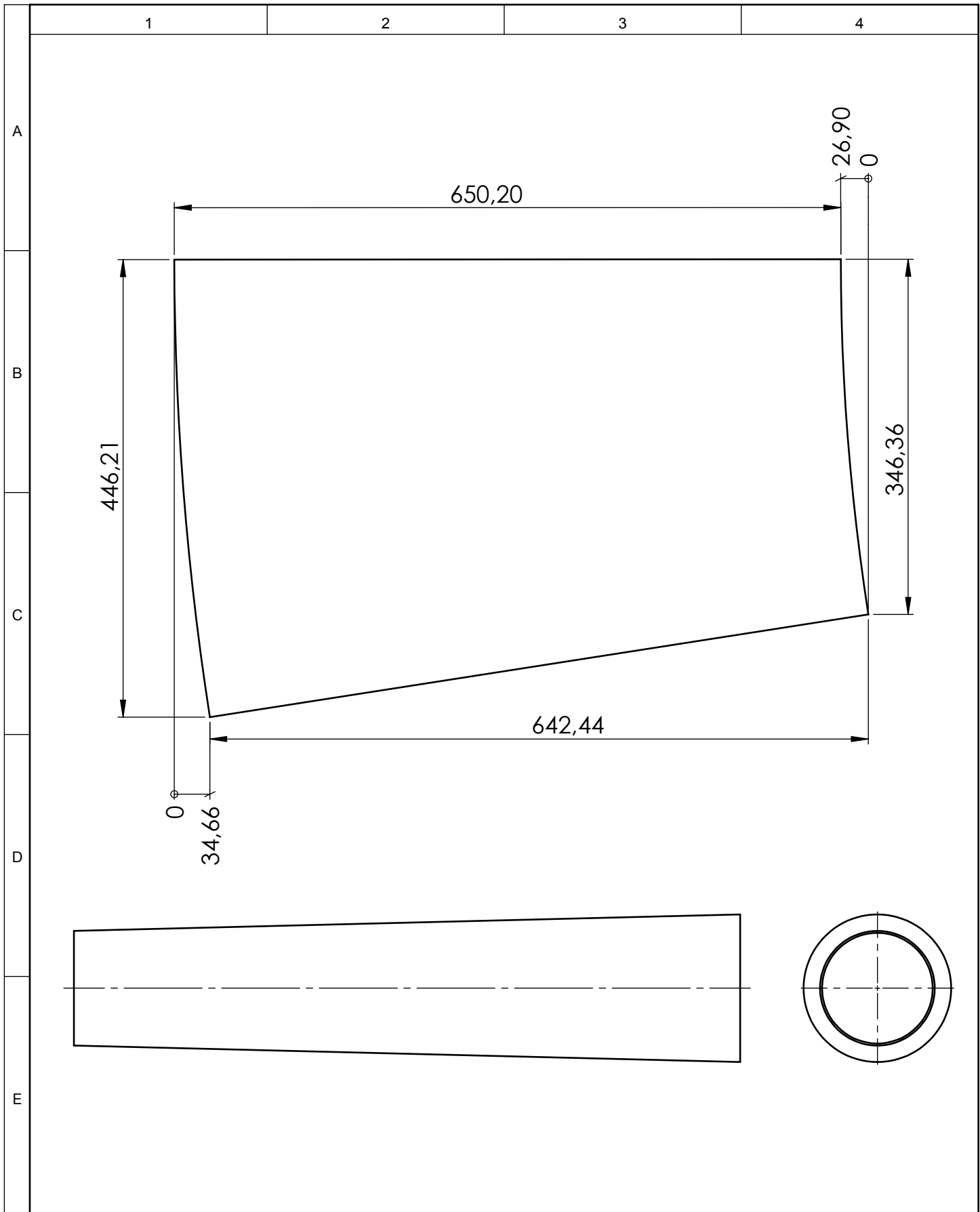
Nº de orden	Nº de pieza	Denominación	Nº de Norma/Dibujo	Observaciones
1	1	Guía de papel 1		
1	2	Soporte estructural		
1	3	Guía de papel 2		
1	4	placa de tolva		

				Tolerancia ± 1	Peso 6390 gr	Materiales: Acero Galvanizado e=1mm	
				Fecha	Nombre	Denominación: Tolva	Escala: 1:5
				Dibujó: 25/4/17	Marcelo Borja		
				Revisó: 20/06/17	Ing.Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 20/06/17	Ing.Mauricio Carrillo		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo: 4 de 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			

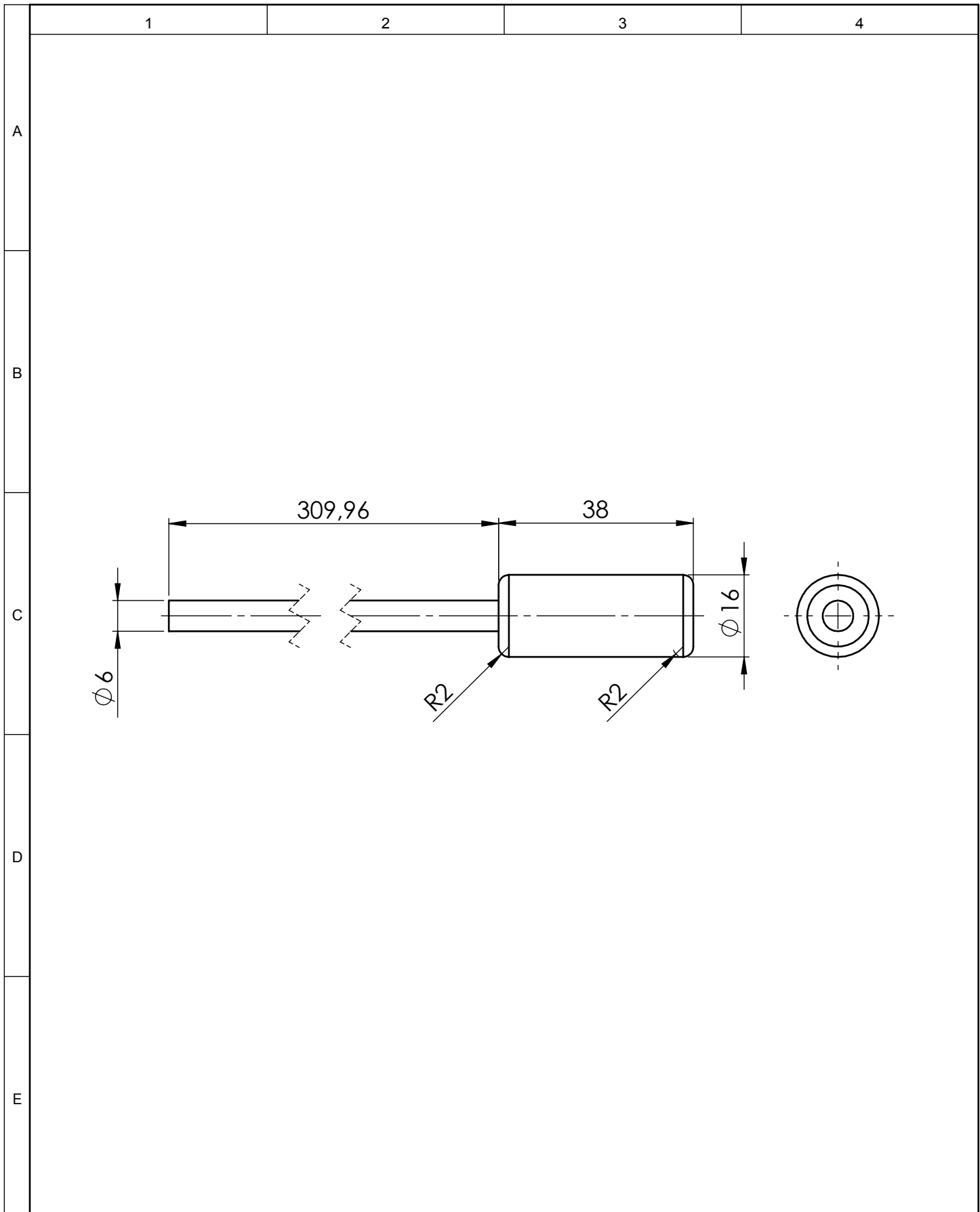


N° de orden	N° de pieza	Denominación	N° de Norma/Dibujo	Observaciones
1	1	Sujetador ventury + difusor		
1	2	Anillo Ventury		
2	3	Guía de barra		
1	4	Brida base		

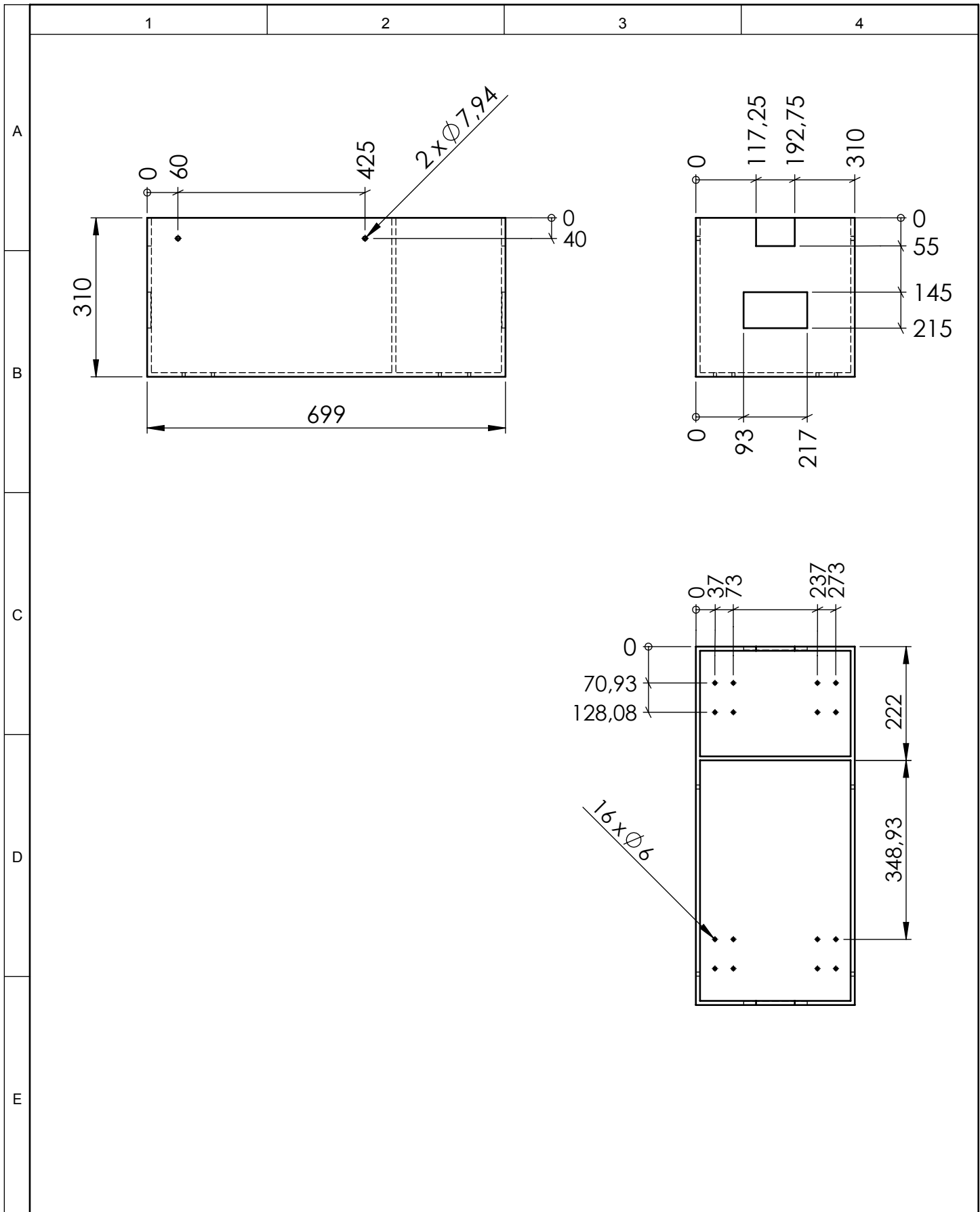
				Tolerancia ±1	Peso 6400 gr	Materiales: Acero Galvanizado e=1mm		
						Denominación: brida base y anillo ventury	Escala: 1:5 	
				Dibujó:	Fecha			Nombre
				Revisó:	21/06/17			Ing.Mauricio Carrillo
				Aprobó:	21/06/17	Ing.Mauricio Carrillo		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	5 de 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



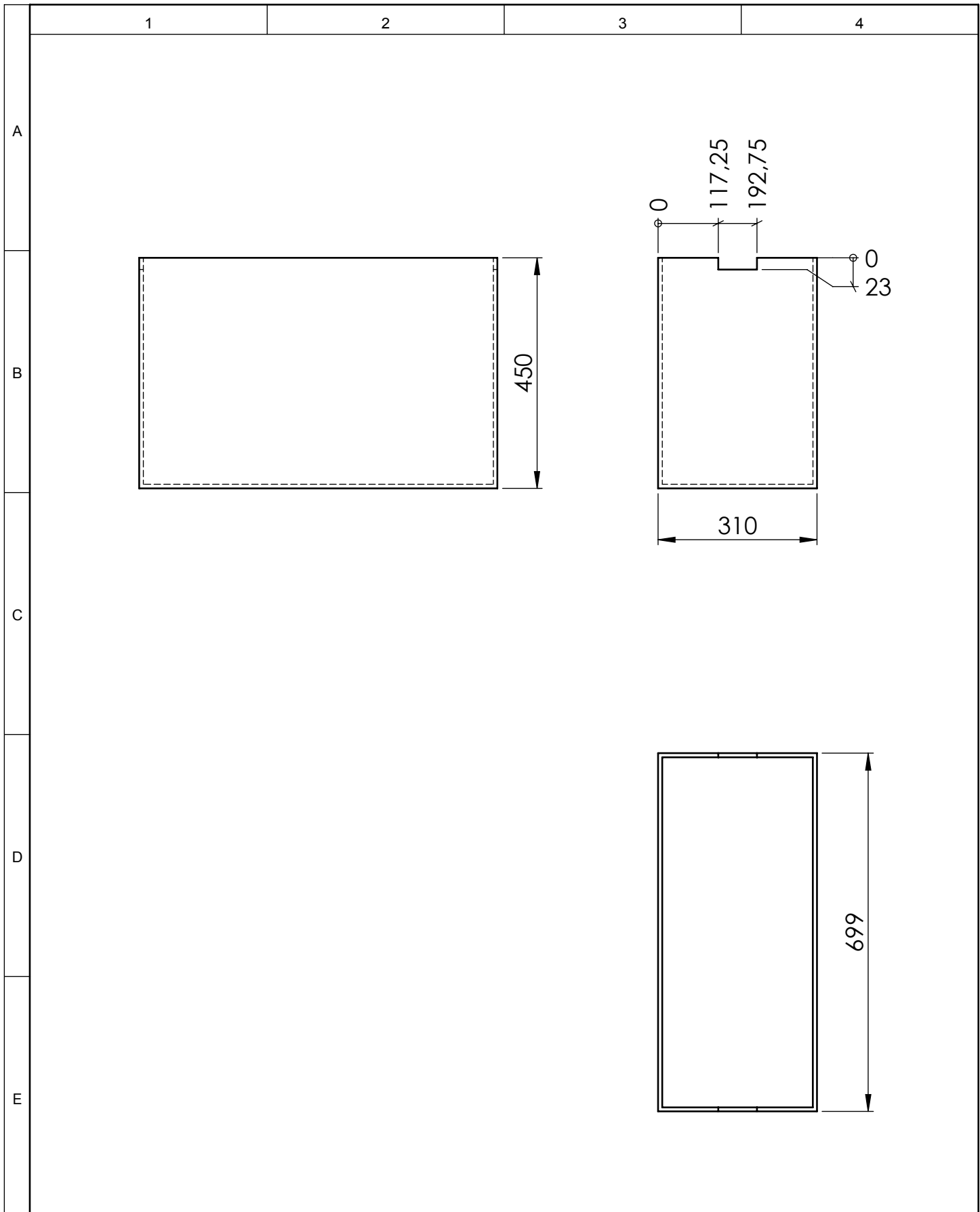
				Tolerancia ±0.5	Peso 2035.95gr	Materiales: Acero galvanizado e=1mm		
						Denominación: Difusor	Escala: 1:5	
				Dibujó:	Fecha		Nombre	
				Revisó:	17/09/2017		Ing.Mauricio Carrillo	
				Aprobó:	17/09/2017		Ing.Mauricio Carrillo	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	6 de 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



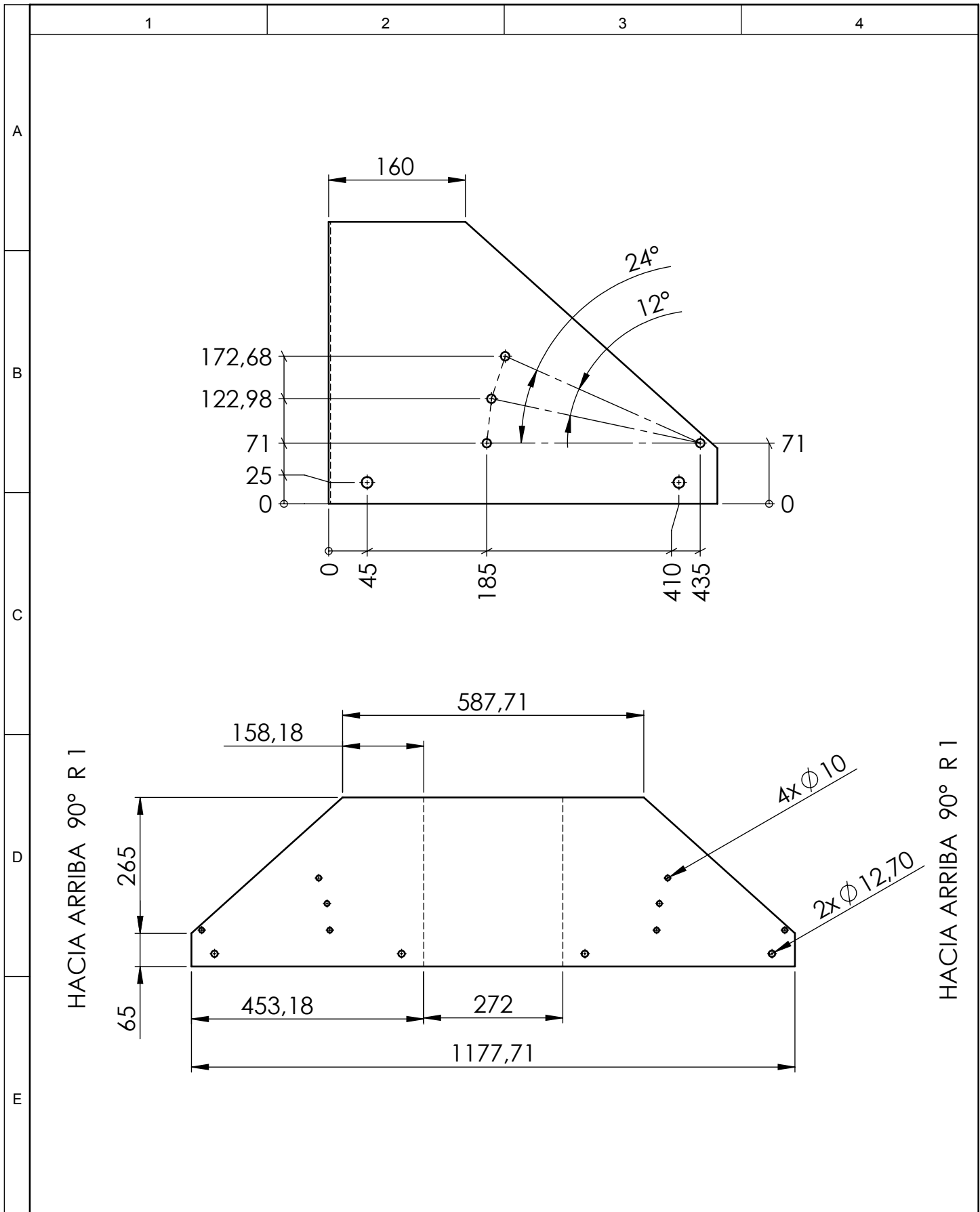
				Tolerancia $\pm 0,5$	Peso 128.95gr	Materiales: AISI 1020			
						Denominación: Barra fijadora	Escala: 1:1		
				Dibujó:	23/3/2017		Nombre		
				Revisó:	17/09/2017		Ing.Mauricio Carrillo		
				Aprobó:	17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo			
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	7 de 17		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			



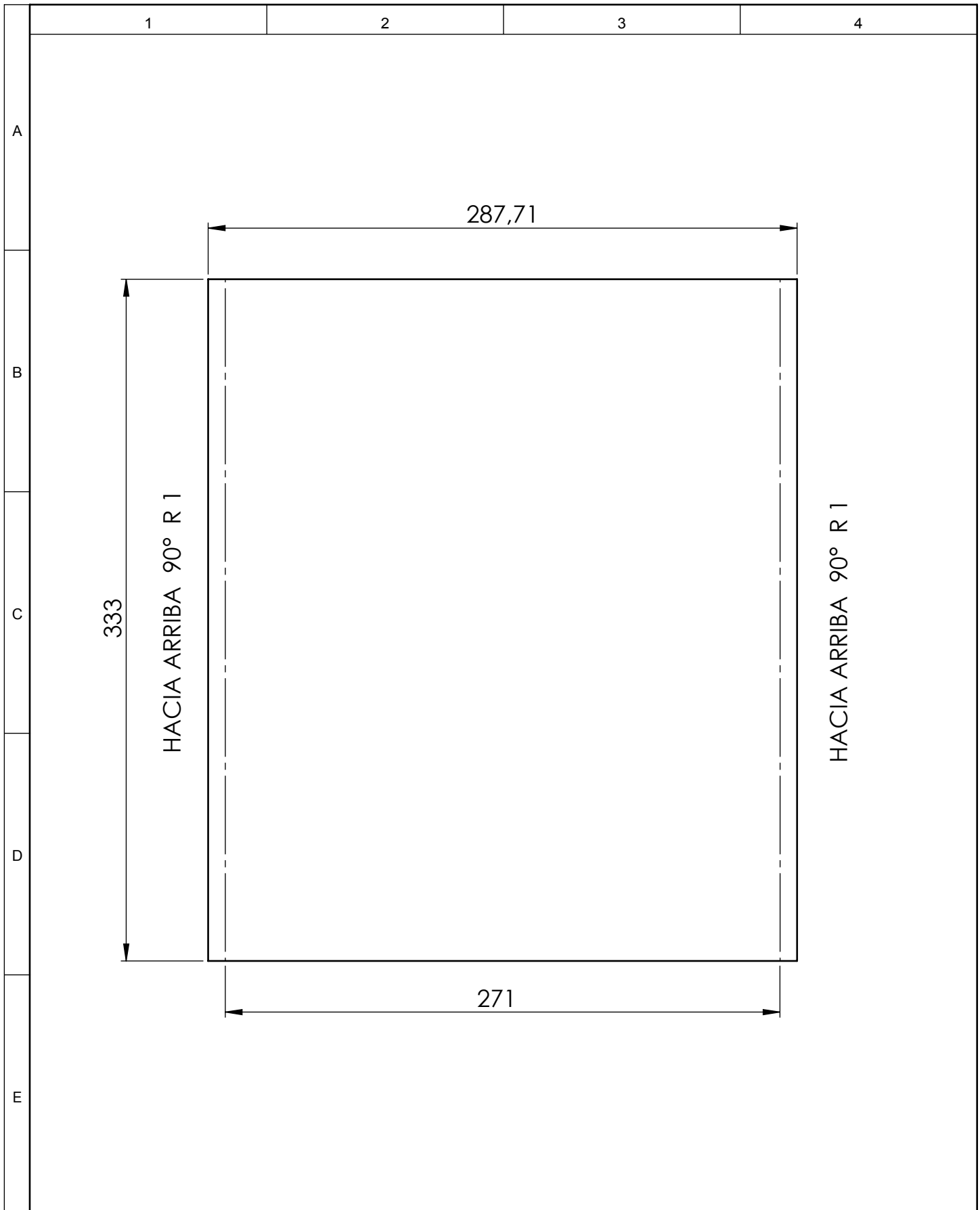
				Tolerancia ± 1	Peso 3312.95gr	Materiales: Madera Triplex e=10mm	
				Fecha	Nombre	Denominación: Rack base	Escala: 1:10
				Dibujó: 23/3/2017	Marcelo Borja		
				Revisó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo: 8 de 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			



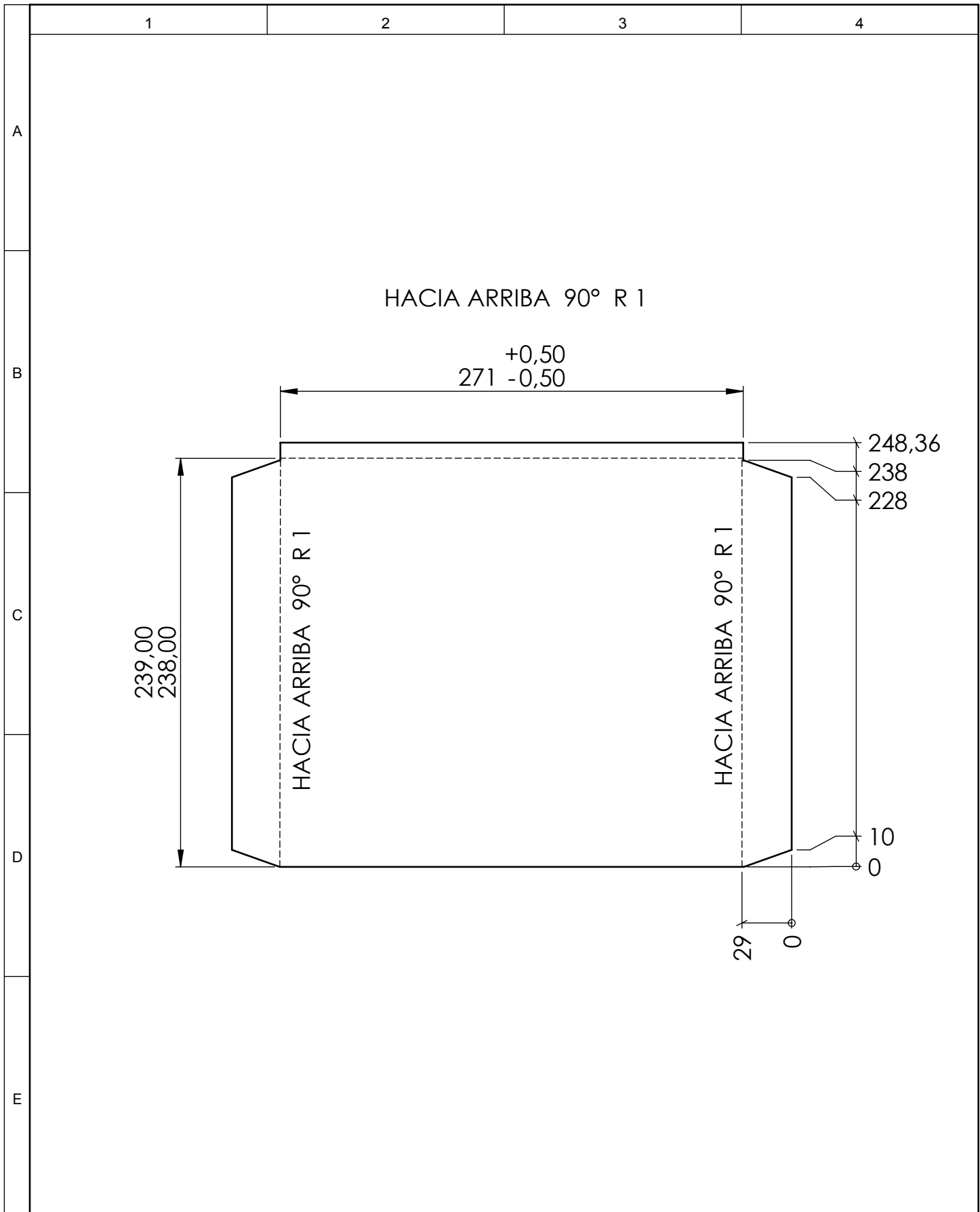
				Tolerancia ±1	Peso 4102.27gr	Materiales: Madera triplex e=10mm	
						Denominación: Rack tapa	Escala: 1:10
				Fecha	Nombre		
				Dibujó: 21/02/2017	Marcelo Borja		
				Revisó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo		
				UTA		Número del dibujo: 9 de 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



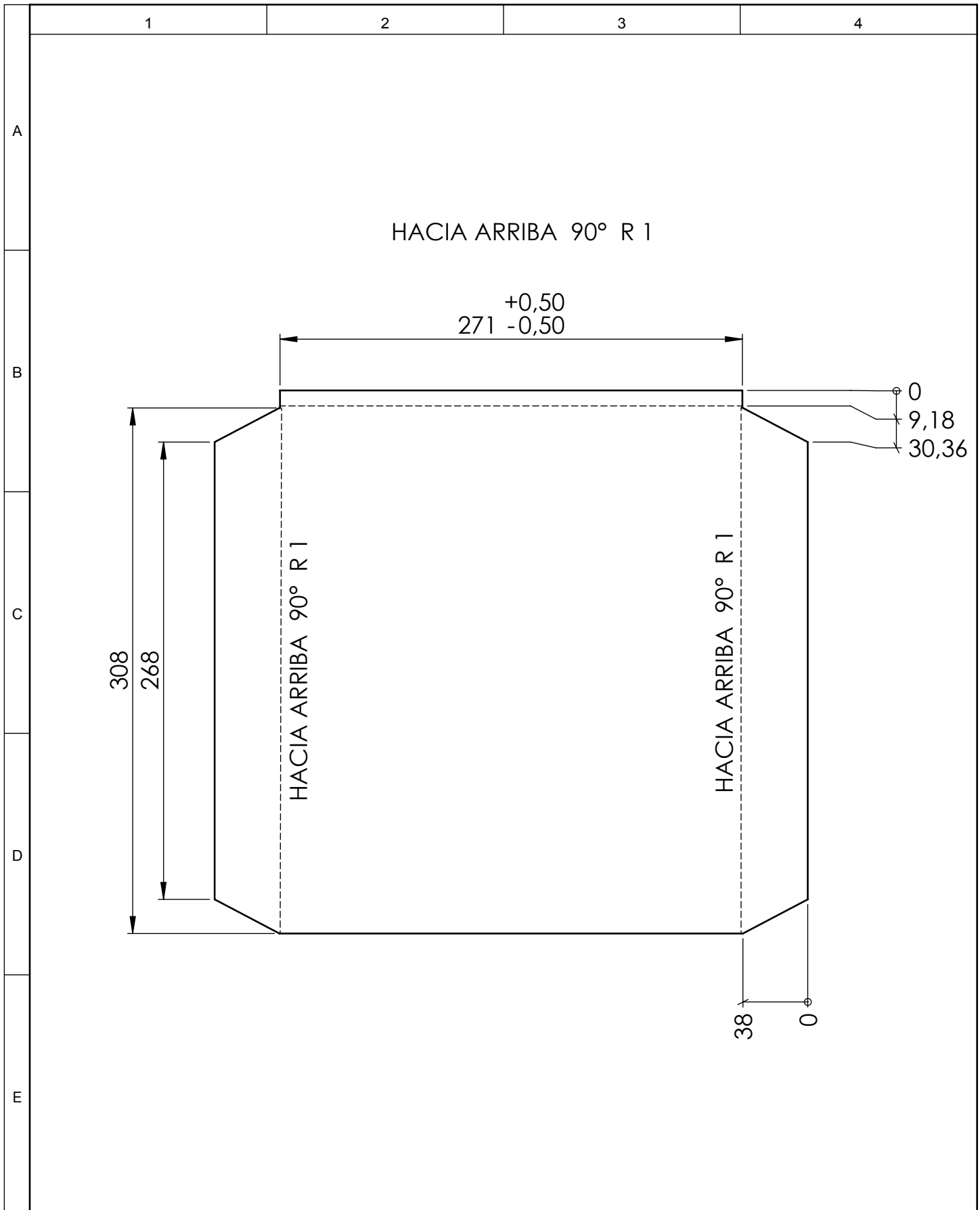
				Tolerancia ±1	Peso 4886.01 gr	Materiales: Acero galvanizado e=1mm		
						Denominación: Soporte estructural	Escala: 1:5 	
				Dibujó:	Fecha			Nombre
				Revisó:	17/09/2017			Ing.Mauricio Carrillo
				Aprobó:	17/09/2017			Ing.Mauricio Carrillo
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	10 de 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



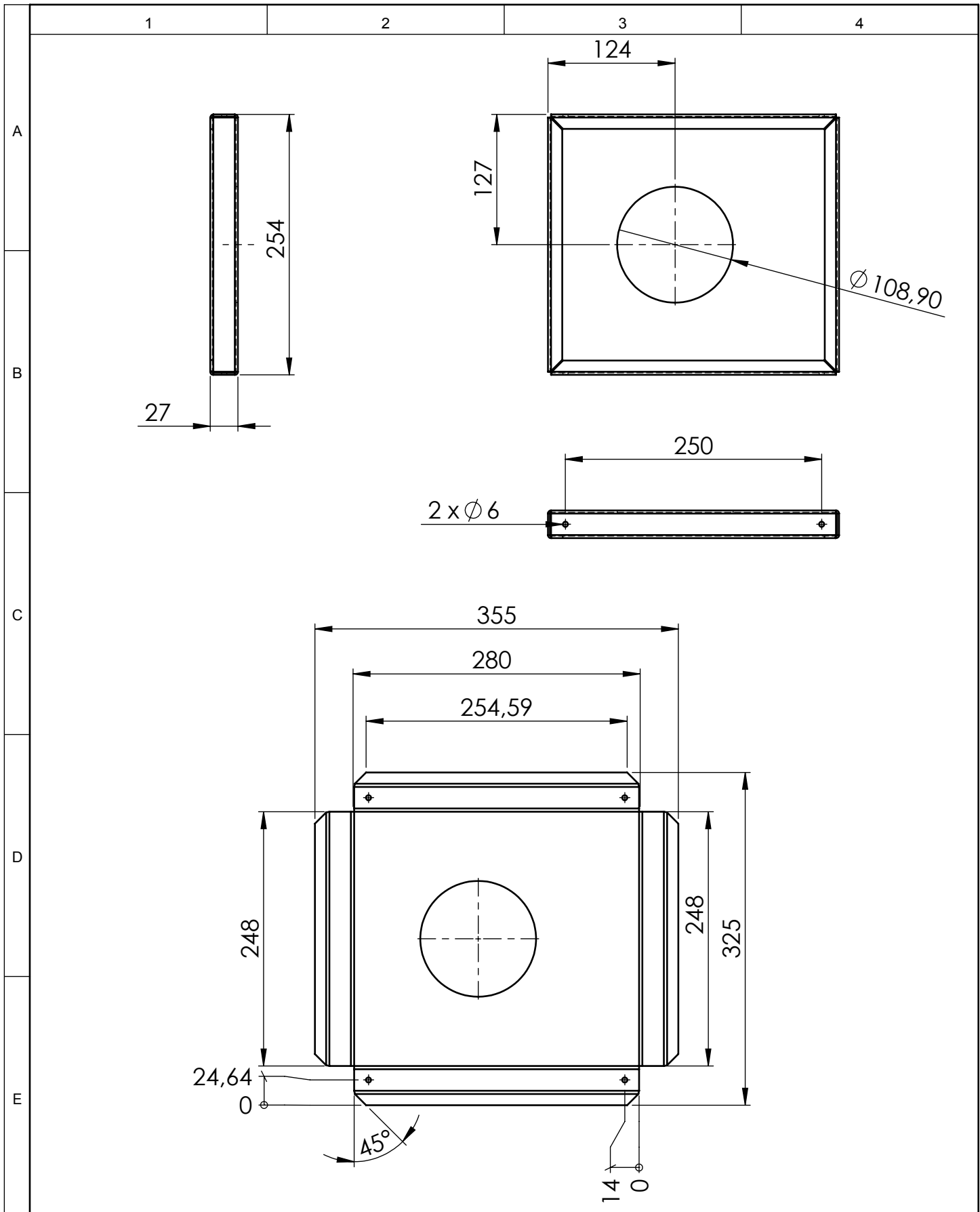
				Tolerancia ±0,5	Peso 754.01gr	Materiales: Acero galvanizado e=1mm	
						Denominación: placa-de-tolva	Escala: 1:2,5
				Fecha	Nombre		
				Dibujó: 23/3/2017	Marcelo Borja		
				Revisó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo		
				UTA		Número del dibujo: 11 de 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



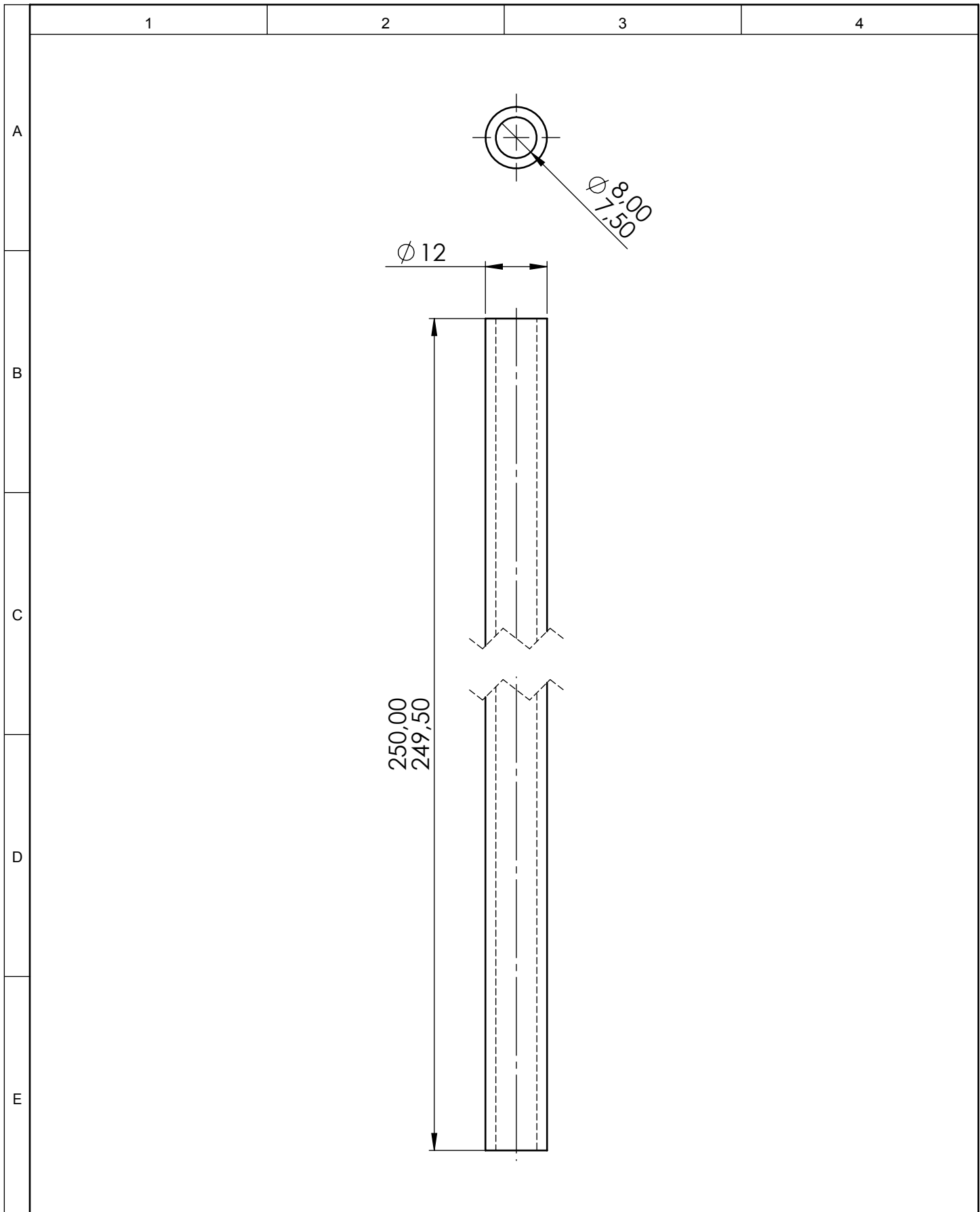
				Tolerancia ±0,5	Peso 631.51gr	Materiales: Acero galvanizado e=1mm	
						Denominación: Guía de papel 1	Escala: 1:2,5
				Fecha	Nombre		
				Dibujó: 21/3/2017	Marcelo Borja		
				Revisó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo: 12 de 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



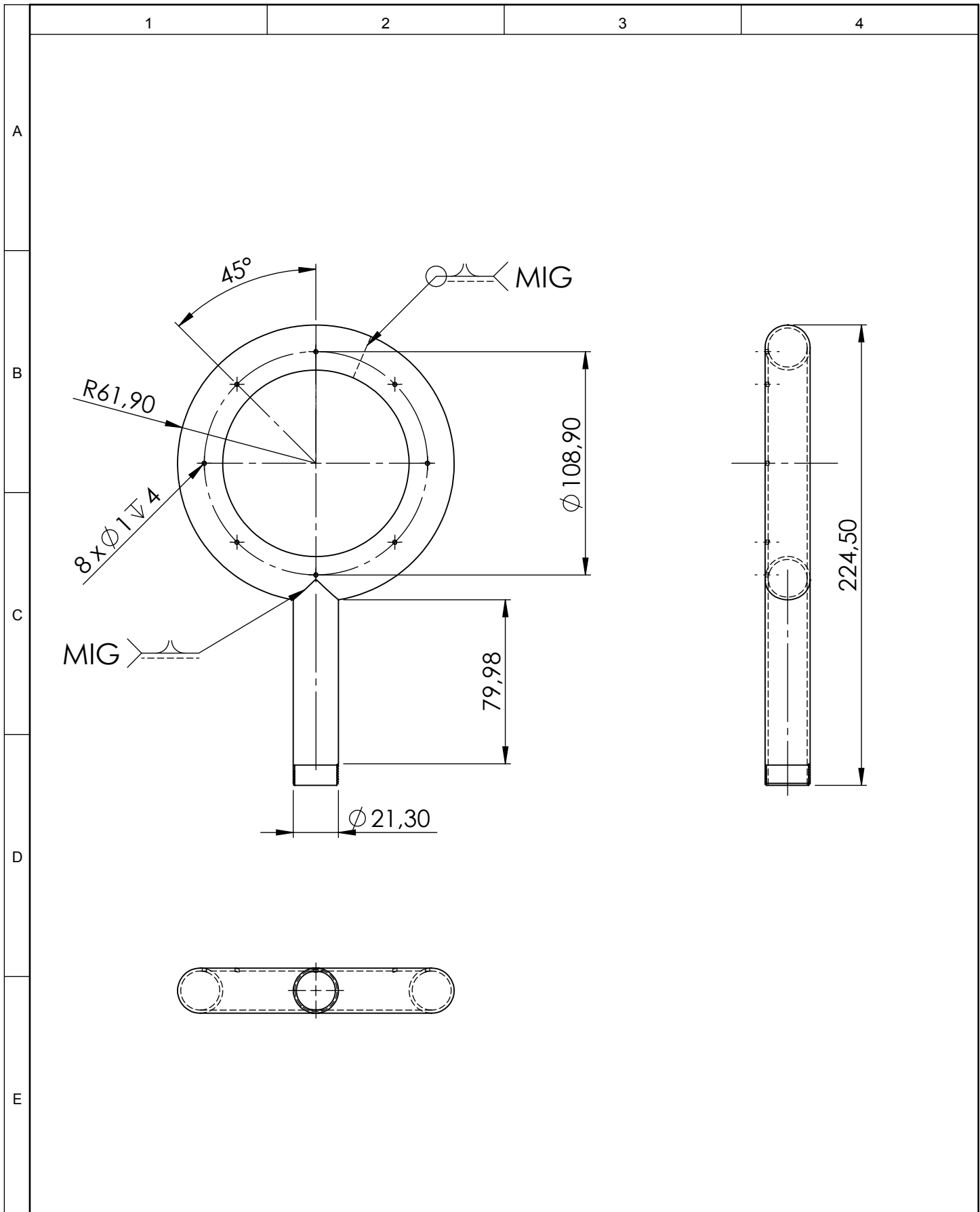
				Tolerancia ±1	Peso 852.97gr	Materiales: Acero galvanizado e=1mm	
						Denominación: Guía de papel 2	Escala: 1:25
				Fecha	Nombre		
				Dibujó: 21/3/2017	Marcelo Borja		
				Revisó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo: 13 de 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



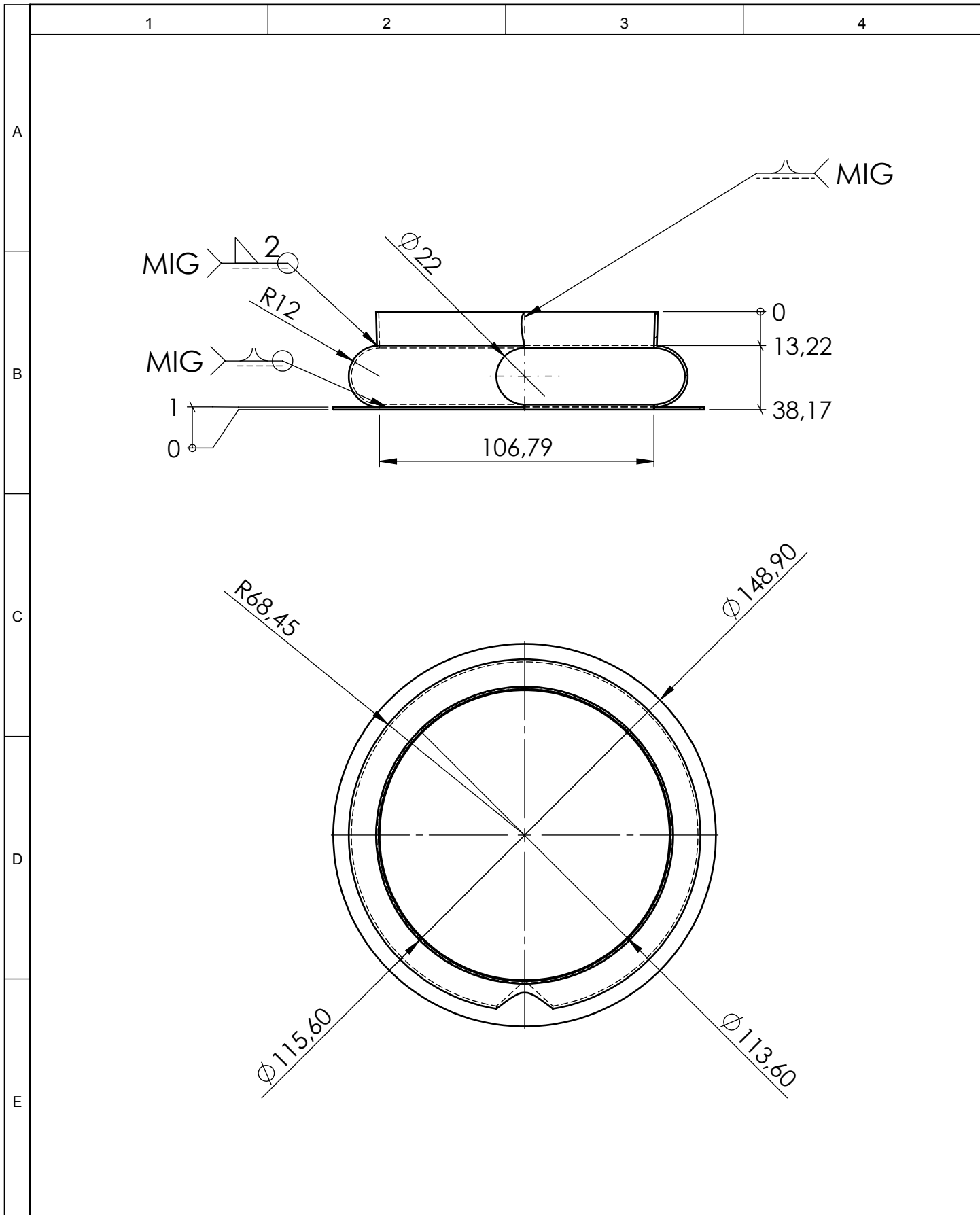
				Tolerancia ±1	Peso 1551.23gr	Materiales: Acero galvanizado e=1mm		
						Denominación: Brida base	Escala: 1:5	
				Dibujó:	Fecha		Nombre	
				Revisó:	17/09/2017		Ing.Mauricio Carrillo	
				Aprobó:	17/09/2017		Ing.Mauricio Carrillo	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	14 de 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



				Tolerancia ±0,5	Peso 123.62gr	Materiales: Tubo Negro NTP 10		
						Denominación: Guía de barra	Escala: 1:1	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	15 de 17	
						(Sustitución)		



				Tolerancia ±0,5	Peso 335.85gr	Materiales: Tubo Galvanizado NTP 1/2	
						Denominación: Anillo Ventury	Escala: 1:2,5
				Fecha	Nombre		
				Dibujó: 23/3/2017	Marcelo Borja		
				Revisó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo: 16 de 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia ±0,5	Peso 205.84gr	Materiales: Acero galvanizado e=1mm	
						Denominación: Sujetador ventury	Escala: 1:2,5
				Fecha	Nombre		
				Dibujó: 23/1/2017	Marcelo Borja		
				Revisó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 17/09/2017	Ing.Mauricio Carrillo		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo: 17 de 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			