



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

TEMA:

“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE LÍQUIDOS
APLICABLE EN EL LABORATORIO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN Y
CONTROL INDUSTRIAL PARA CONTROLAR EL PROCESO DE
LLENADO DE BOTELLAS”

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

AUTOR: Egdo. Pablo Sarzosa

TUTOR: Ing. Mauricio Carrillo

AMBATO – ECUADOR

2013

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del presente trabajo de investigación, bajo el tema “ESTUDIO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE LÍQUIDOS APLICABLE EN EL LABORATORIO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL PARA CONTROLAR EL PROCESO DE LLENADO DE BOTELLAS”, elaborado por el Señor Pablo Ernesto Sarzosa Viera, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, certifico:

- Que la presente Tesis es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, julio del 2013

Ing. Mauricio Carrillo

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación, así como las ideas, análisis, conclusiones, recomendaciones y propuesta bajo el tema “*ESTUDIO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE LÍQUIDOS APLICABLE EN EL LABORATORIO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL PARA CONTROLAR EL PROCESO DE LLENADO DE BOTELLAS*” son de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor del presente proyecto, con la tutoría del Ingeniero Mauricio Carrillo.

Egdo. Pablo Sarzosa

AUTOR

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la vida, la sabiduría y experiencias de cada día, a mis padres Ernesto y Teresa por haberme inculcado valores y por apoyarme cuando más los he necesitado, a mi esposa Eliza por el apoyo incondicional que me da, el tiempo que me dedica y el amor que nos tenemos, a mi hijo Pablito por ser la razón de mi vida y la más grande alegría, y a mis hermanos por estar juntos y ayudarnos sin importar la distancia.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Mauricio Carrillo, gracias por ayudarme, orientarme y brindarme la tutoría adecuada en este trabajo de investigación. A todos mis profesores que me dieron las guías necesarias para complementar mis conocimientos, conjuntamente a la Universidad Técnica de Ambato en especial a la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por haberme dado la oportunidad de estar en sus aulas para formarme profesionalmente. A mi esposa Eliza por ayudarme en esta etapa de vida juntos formando una familia junto a mi hijo Pablito y así lograr salir adelante. A mis Padres, gracias por todo el cariño, sustento y paciencia entregada ya que por ellos he salido adelante. También a mis hermanos y familia que me han apoyado en todos los aspectos de mi vida.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PAGINAS PRELIMINARES

TÍTULO O PORTADA	I
CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN EJECUTIVO	XIII
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 TEMA:.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO	2
1.2.3 PROGNOSIS	3
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES	3
1.2.6 DELIMITACIÓN	4
1.2.6.1 DELIMITACIÓN DE CONTENIDOS:.....	4
1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL:	4
1.2.6.3 DELIMITACIÓN TEMPORAL:	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
CAPITULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	6
2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	7

2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	7
2.3.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN.....	7
2.3.1.1 DOSIFICACIÓN	7
2.3.1.2 DOSIFICADO VOLUMÉTRICO	8
2.3.1.3 DOSIFICADO POR GRAVEDAD A NIVEL	8
2.3.2 SISTEMAS DE CONTROL DE PRESIÓN.....	9
2.3.2.1 SISTEMAS DE TANQUE A TANQUE	9
2.3.2.2 SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS	9
2.3.2.3 SISTEMAS DE CONTROL DE PRESIÓN CON VARIADOR DE VELOCIDAD	10
2.3.3 FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERÍAS	11
2.3.3.1 FLUJO LAMINAR Y TURBULENTO	11
2.3.3.2 FRICCIÓN DEL FLUIDO.....	12
2.3.3.3 VÁLVULAS Y ACCESORIOS	12
2.3.3.4 NOMENCLATURA DE LAS PÉRDIDAS Y GANANCIAS DE ENERGÍA	12
2.3.3.5 PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN.....	14
2.3.3.6 SISTEMAS DE TUBERÍAS EN SERIE	16
2.3.4 SISTEMAS DE CONTROL.....	18
2.3.4.1 SISTEMAS DE LAZO ABIERTO/CERRADO.....	19
2.3.4.2 SISTEMAS DE LAZO CERRADO	19
2.3.4.3 SISTEMAS DE LAZO ABIERTO	20
2.3.4.4 SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO CERRADO CONTRA LOS SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO	21
2.3.5 CIRCUITOS ELÉCTRICOS BÁSICOS DE CONTROL.....	22
2.3.5.1 CIRCUITOS DE POTENCIA.....	22
2.3.5.2 ESQUEMA DE MANDO	22
2.3.5.3 MANDO PILOTO	23
2.3.6 DISPOSITIVOS DE CONTROL	23
2.3.6.1 PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)	23
2.3.6.2 ELECTROVÁLVULAS	25
2.3.6.3 UNIDAD DE MANTENIMIENTO (FRL).....	26

2.3.6.4 FILTROS	27
2.3.6.5 REGULADORES DE PRESIÓN	27
2.3.6.6 LUBRICADORES	28
2.3.7 ENERGÍA CONVENCIONAL	28
2.3.8 DISEÑO MECÁNICO	29
2.4 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	29
2.5 HIPÓTESIS	30
2.5.1 VARIABLES	30
2.5.2 TÉRMINO DE RELACIÓN.....	30
CAPÍTULO III.....	31
METODOLOGÍA	31
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.2 NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	31
3.2.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.2.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN	31
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	32
3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:.....	32
3.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	33
3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	33
3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	33
3.5.1 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	33
3.5.2 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	34
CAPÍTULO IV	35
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	35
4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	35
4.2 INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	35
SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO PARA EL EMBOTELLADO	36
SISTEMAS DE CONTROL.....	37
SISTEMAS DE PRESIÓN	38
4.2.1 GUÍA DE PRÁCTICAS	38
4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	40

CAPÍTULO V.....	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
5.1 CONCLUSIONES.....	43
5.2 RECOMENDACIONES	43
CAPÍTULO VI.....	45
PROPUESTA	45
6.1 DATOS INFORMATIVOS	45
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	45
6.3 JUSTIFICACIÓN	47
6.4 OBJETIVOS	47
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	48
6.6 FUNDAMENTACIÓN	48
6.6.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN Y SUS ELEMENTOS.....	48
6.6.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.....	53
6.6.3 SELECCIÓN DEL PLC Y SU PROGRAMACIÓN.....	62
6.6.3.1 SELECCIÓN DEL PLC.....	62
6.6.3.2 PROGRAMACIÓN DEL PLC	63
6.6.4 GUÍA DE PRÁCTICA	65
6.4.4.1 DATOS INFORMATIVOS	65
6.4.4.2 TEMA	65
6.4.4.3 OBJETIVOS	65
6.4.4.4 EQUIPOS Y MATERIALES.....	65
6.4.4.5 MARCO TEÓRICO.....	66
6.4.4.6 PROCEDIMIENTO	66
6.4.4.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	67
6.4.4.8 CONCLUSIONES	73
6.4.4.9 RECOMENDACIONES	73
6.4.4.10 BIBLIOGRAFÍA.....	74
6.7 METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO	75
6.7.1 ETAPAS	75

6.7.2 DIAGRAMA DE CONTROL Y MONTAJE.....	76
6.7.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	77
6.8 ADMINISTRACIÓN	78
6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	79
7. BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXOS.....	81
PLANOS	84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

FIGURA 2.1 DOSIFICADORA DE LÍQUIDO	8
FIGURA 2.2 SISTEMA DE BOMBEO DE TANQUE A TANQUE	9
FIGURA 2.3 SISTEMA HIDRONEUMÁTICO	10
FIGURA 2.4 SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN CON VARIADOR DE VELOCIDAD	10
FIGURA 2.5 INTERPRETACIÓN LÓGICA DE LA ECUACIÓN DE LA ENERGÍA	14
FIGURA 2.6 ESQUEMA DEL SISTEMA DE LAZO CERRADO.....	20
FIGURA 2.7 ESQUEMA DEL SISTEMA DE LAZO ABIERTO	21
FIGURA 2.8 CIRCUITOS ELÉCTRICOS BÁSICOS DE CONTROL	23
FIGURA 2.9 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	24
FIGURA 2.10 ELECTROVÁLVULAS	26
FIGURA 2.11 UNIDAD DE MANTENIMIENTO.....	26
FIGURA 6.1 ESQUEMA DEL SISTEMA DE DOSIFICADOR DE LÍQUIDOS	53
FIGURA 6.2 ESQUEMA DE LA BASE DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.	54
FIGURA 6.3 ÁREA DE APLICACIÓN DEL PESO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.	54

FIGURA 6.4 ESQUEMA DEL SISTEMA DE PRESIÓN DEL LÍQUIDO.	57
FIGURA 6.5 ESQUEMA DE LA CONDICIÓN DE CARGA DEL SISTEMA DE PRESIÓN DEL LÍQUIDO.....	58
FIGURA 6.6 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL SISTEMA DE PRESIÓN DEL LÍQUIDO.	58
FIGURA 6.7 DIAGRAMAS DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLEXIONANTE.	60
FIGURA 6.8 DOSIFICACIÓN DE LÍQUIDOS.	66
GRAFICO 6.1 PRUEBAS CON GRIFO Y SURTIDOR DE AGUA.....	69
GRÁFICO 6.2.1 PRUEBAS CON SISTEMA HIDRONEUMÁTICO 1/4.....	70
GRÁFICO 6.2.2 PRUEBAS CON SISTEMA HIDRONEUMÁTICO 1/2.....	70
GRÁFICO 6.3 TIEMPO PROMEDIO DE LLENADO	71
GRÁFICO 6.4 TIEMPO TOTAL DEL PROCESO	72
GRÁFICO 6.5 PRODUCCIÓN DE BOTTELLAS	72
GRÁFICO 6.6 DIAGRAMA DE CONTROL Y MONTAJE	76

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 CONFIGURACIÓN DE ENTRADA Y SALIDA DEL DEPÓSITO DEL LÍQUIDO	15
TABLA 2.2 LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS.....	16
TABLA 3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	32
TABLA 3.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	33
TABLA 4.1 VALORACIÓN DE PONDERACIÓN.....	35
TABLA 4.2 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO PARA EL EMBOTELLADO.....	36
TABLA 4.3 SISTEMAS DE CONTROL.....	37
TABLA 4.4 SISTEMA DE PRESIÓN	38

TABLA 6.1 PRUEBAS DE LLENADO	67
TABLA 6.2 PRUEBAS CON GRIFO Y SURTIDOR DE AGUA	69
TABLA 6.3 COMPARACIÓN ENTRE LAS DISTINTAS PRUEBAS DE LAS BOQUILLAS	71
TABLA 6.4 COSTOS	78

RESUMEN EJECUTIVO

El control de procesos industriales es un factor importante en el ámbito profesional, por tal motivo los estudiantes que se preparan académicamente deben tener un conocimiento significativo de dichos procesos, los sistemas de medición y control industrial ayudan a acoplamiento de la teoría y la práctica mediante la utilización de equipos, materiales y accesorios.

Inicialmente en el campo de sistemas de medición y control industrial existen muchos aspectos de los cuales se tomó como referencia para el estudio el llenado o dosificado de líquidos. Para el proceso se tiene que llenar una botella de 500cm^3 en un determinado tiempo, mediante esto se definen los parámetros para la manipulación del proceso: tiempo de llenado y producción de botellas dosificadas por hora principalmente.

Para la ejecución del proceso, la presente investigación propone un prototipo para la realización de prácticas de llenado de botellas en los laboratorios de sistemas de medición y control de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica; el prototipo consta de: un sistema de presión para el líquido conformado de una bomba de 0.4 hp, un tanque de presión de agua y un tanque de almacenamiento de 250 litros, un sistema de control compuesto de un PLC FL-010, pulsadores, luces piloto y electroválvulas, un sistema de dosificación que dispone de dos boquillas de acero inoxidable que junto a dos cilindros de doble efecto proporcionan el posicionamiento del dosificado dentro de la botella utilizando una fuente de aire comprimido con sus accesorios y equipos.

Al final, después de la comprobación de los elementos necesarios para el prototipo se establece una guía de prácticas que contiene los parámetros fundamentales para la realización de prácticas de llenado que puede ser usado como pauta en futuras prácticas o investigaciones del proceso de dosificación de líquidos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA: Estudio de un sistema de dosificación de líquidos aplicable en el Laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial para controlar el proceso de llenado de botellas.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

El desarrollo tecnológico a nivel mundial ha sido uno de los factores más importantes para el mejoramiento en las industrias de manufactura de todo tipo de productos para poder competir en un mercado cada vez más estricto en cuanto a calidad y economía, por esta razón el nivel tecnológico avanza de una manera acelerada y continua, modificando y mejorando los subprocesos y procesos de fabricación a tal punto que el operador necesita solo conocimientos básicos sobre manejo de máquinas y herramientas. El objetivo de mejorar dichos procesos es la utilización óptima de recursos y principalmente ahorrar tiempo en ejecutar las diversas operaciones de manufactura. El control en los procesos es una parte fundamental e importante al momento de realizar tareas, las cuales están encaminadas a las máquinas y mecanismos para agilizar la ejecución y obtener excelentes resultados, por esta razón se implementan nuevas técnicas de manipulación y sistemas de control que operan sin tener contacto directo con el sistema de maquinarias lo cual resulta beneficioso, rápido y seguro.

La automatización no solo significa un bienestar para las personas sino que implica un ahorro de energía y varias ventajas para el estilo de vida actual. Los sistemas de control se pueden manejar mediante una amplia gama de interfaces, consolas, teclados numéricos, controles inalámbricos, teléfonos y varios software. La industria en nuestro país también se ha desarrollado de buena manera, haciendo que el tema de la automatización sea de interés principal y de estudio en las entidades educativas en donde se enseñan los fundamentos de los sistemas de control y también se realizan prácticas para una completa comprensión, esto se logra solo con la experimentación luego de haber asimilado la teoría, con materiales y equipos se puede desarrollar experiencia en el campo de la ingeniería y así ser competentes para la aplicación en la industria principalmente.

En la facultad el avance en la enseñanza de los sistemas de control se ha desarrollado de tal manera que los estudiantes ahora pueden realizar prácticas de manera regular, aunque siempre existen vacíos creados por la falta de equipos para experimentar y aplicar lo comprendido, así como por ejemplo el control de un sistema de dosificación de líquidos, por tal motivo también se requieren de procesos alternativos o diferentes en los cuales se puedan tratar el tema de los sistemas de control. En este caso se trata de que el estudiante realice proyectos en los cuales puedan ayudar a lograr experiencia práctica implementando máquinas o sistemas, siendo una ventaja para el estudiante quien va a utilizarlos para alcanzar la superación intelectual en el campo de la ingeniería mecánica.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

Debido a varias necesidades que tiene la facultad la implementación de máquinas y equipos ayudan a la formación y al mejoramiento del estudiante así como del laboratorio para realizar las prácticas logrando el desarrollo de la carrera de ingeniería mecánica.

El problema surge cuando no existe una formación adecuada dirigida al campo del control industrial por las limitaciones que tienen los laboratorios de sistemas de medición y control en la facultad de ingeniería Civil y Mecánica.

Un estudiante que no combina adecuadamente la teoría con la práctica, al final del ciclo académico tendrá deficiencias, lo que le imposibilitará desarrollar apropiadamente en el campo laboral. Además otro factor importante es el económico ya que estos sistemas y máquinas nuevas son fabricados en empresas que las ofrecen a un costo elevado ocasionando que no se opte por sistemas que les resultaría caros para implementarlos en el laboratorio.

1.2.3 PROGNOSIS

Si el estudio previo a la implementación de un sistema de dosificación de líquidos no se realizara, no habrá una total comprensión de la teoría adquirida en el aula de clase así como en los laboratorios no se realizarán las prácticas necesarias para ganar experiencia y tener una base tecnológica acorde con la teoría para actuar frente al campo de la ingeniería mecánica, desarrollarse y poder competir en las diversas situaciones profesionales que se presenten.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el sistema de dosificación de líquidos aplicable en el Laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

¿Existe algún sistema de dosificación de líquidos utilizado para fines académicos?

¿Existen investigaciones anteriores de sistemas de dosificación de líquidos?

¿Qué dispositivos de control son los aplicables para el sistema de dosificación?

¿De qué manera se puede controlar el caudal en el sistema?

¿Qué materiales son los recomendados para la fabricación de los elementos constitutivos del sistema?

1.2.6 DELIMITACIÓN

1.2.6.1 DELIMITACIÓN DE CONTENIDOS:

El proyecto presentado aquí se desarrollará mediante fundamentos basados en Mecánica de Fluidos, Electrónica, Diseño de Elementos, Sistemas de Medición y Control Industrial.

1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL:

El presente estudio se realiza en el Laboratorio de Sistemas de Control y Automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi de la ciudad de Ambato conjuntamente con la Biblioteca la cual proveerá la bibliografía para el desarrollo del proyecto.

1.2.6.3 DELIMITACIÓN TEMPORAL:

El presente proyecto se desarrolló desde Marzo del 2011 hasta Junio del 2013.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de proyectos se realiza principalmente por la necesidad de superación, mejoramiento y descubrimiento para una buena asimilación de los contenidos recibidos en la materia de Sistemas de Control y Automatización; tener un modelo, prototipo, maquinaria o equipo en los laboratorios de la asignatura ya mencionada ayuda en gran parte a poder comprender las bases teóricas, por tales motivos se presenta esta investigación que trata de implementar un dosificador y luego realizar la automatización del proceso para impulsar el mejoramiento continuo de los conocimientos prácticos.

Es así que mediante el estudio de un sistema de dosificación de líquidos se busca seleccionar alternativas en las cuales se encuentre la mejor opción para la

proposición de un sistema que pueda tener los requerimientos de un laboratorio, poniendo énfasis y reforzando lo teórico-práctico generando así el interés del estudiante en aprender y poder manipular los distintos parámetros del sistema.

El actual proyecto apunta a las nuevas perspectivas que el campo industrial requiere, las nuevas técnicas de control y los sistemas innovadores han provocado la invención de máquinas y equipos cada una diferente de la otra, con sus similitudes y diferencias, así como sus ventajas e inconvenientes, la originalidad de la actual investigación está presente ya que su desarrollo se realiza con conocimientos básicos en los sistemas de dosificación, dichos conocimientos serán reforzados mediante exploración e indagación en bibliografía referida a la asignatura. En el laboratorio no existe una máquina de este tipo lo cual convierte a esta investigación en única, que abarca la Mecánica de Fluidos y los Sistemas de Control y Automatización.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar el sistema de dosificación de líquidos para una posterior implementación en el laboratorio de Sistemas de Automatización y Control.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar y establecer los parámetros adecuados para el sistema de dosificación.
- Seleccionar los elementos básicos con los cuales se fabrican dosificadores de líquidos.
- Proponer un sistema de dosificación de líquidos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la actualidad el campo industrial exige que los profesionales tengan experiencia en las áreas de automatización, por tal razón en la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica existe la necesidad de contar con equipos y máquinas para realizar prácticas referentes a Sistemas de Control y Automatización en los laboratorios.

La Ingeniería se refiere al conocimiento de las ciencias que se alcanza con estudio, experiencia y práctica, por tal motivo el estudio de un sistema de dosificación de líquidos va encaminado a la realización del estudiante. En la realización del actual proyecto intervienen campos de Mecánica de Fluidos, Diseño de elementos mecánicos y Sistemas de Control y Automatización, dichos fundamentos se los encuentra en la biblioteca en las ramas ya indicadas anteriormente.

Tipán, C. & Mosquera, J. (2012) *Mejoramiento de la calidad del proceso de envasado de vino en polietileno aluminizado tubular continuo*. Ciudad de Quito. Proyecto previo a la obtención del título de tecnólogo en mantenimiento industrial. Escuela Politécnica Nacional, concluyeron lo siguiente:

- El proyecto efectuado a permitido investigar y aplicar los conocimientos adquiridos en libros, aulas y laboratorios durante el proceso de formación profesional.

2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

RTE INEN 037 “Diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero”

CPE INEN 03 Código de Dibujo Técnico-Mecánico (Elaboración de planos).

NTE INEN 1744 Tubos de polietileno para conducción de agua a presión.

Norma RS-232 (Transmisión de datos en forma serial).

2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.3.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN

El llenado de botellas es una de las principales operaciones de envasado de productos líquidos en la industria. El esquema del proceso y su complejidad, varían en función del tipo de producto a dosificar, la capacidad productiva de la industria, el tipo de envase, además de muchos otros factores.

A continuación se incluye información relativa al proceso de dosificación en el cual daremos unas ideas sobre los procesos anteriores al dosificado.

2.3.1.1 DOSIFICACIÓN

Las botellas ingresan hacia los dosificadores de líquidos con ayuda de las bandas transportadoras, donde el producto se vierte a la velocidad y niveles escogidos por el operador del sistema.

En esta etapa, dependiendo de las características del producto, se emplea diversos sistemas de dosificación, como por ejemplo: por presión, isobáricas, a vacío, por peso, de pistón, lineal, rotativa, monoblock, syncroblock, uniblock, etc. Para productos especiales se incorpora además un sistema de inclusión de CO₂ o N₂.



Figura 2.1 Dosificadora de líquido [fuente:
http://www.norlandintl.com/spanish/filler_sp.htm]

Los dos sistemas principales de dosificación son:

- Volumétricos
- Por gravedad a nivel

2.3.1.2 DOSIFICADO VOLUMÉTRICO

Este método manipula la medida del volumen controlando la cantidad de líquido que ingresa a la botella. Proporciona flexibilidad en las capacidades y condiciones de trabajo en función del tipo de líquido a dosificar, permitiendo el llenado de productos con viscosidades variadas como agua, leche, zumos, detergentes, cosméticos y otros productos químicos.

2.3.1.3 DOSIFICADO POR GRAVEDAD A NIVEL

Este sistema aprovecha la gravedad para realizar el llenado en cada una de las botellas, por tal motivo el depósito se ubica en la parte superior de la llenadora.

En función de sus características de dosificación, es apropiado este método cuando el tipo de líquido a llenar son productos fluidos como el agua, el vino, etc.

2.3.2 SISTEMAS DE CONTROL DE PRESIÓN

2.3.2.1 SISTEMAS DE TANQUE A TANQUE

Consiste en trasladar el líquido de un tanque que se encuentre en la parte inferior hacia un tanque más elevado con una altura que permita tener la presión de líquido requerido, de esta manera se hace descender el líquido mediante tuberías hacia el proceso basado en el principio de la gravedad. La selección de los equipos de bombeo se debe hacer en base a las curvas características de los mismos y de acuerdo a las condiciones del sistema de distribución:

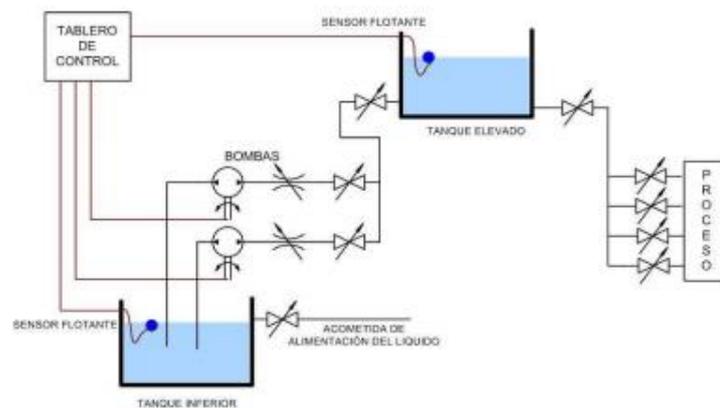


Figura 2.2 Sistema de bombeo de tanque a tanque [fuente: <http://es.scribd.com/doc/55967615/sistemas-de-bombeo>]

2.3.2.2 SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS

Se basan en el principio de compresibilidad o elasticidad del aire cuando es sometido a presión. Consiste en la succión del líquido desde un tanque de almacenamiento hacia un tanque de presión, dentro de este tanque se encuentra un volumen de aire que al ingresar un líquido se comprime hasta llegar a una presión máxima preestablecida por un presóstato, al llegar a la presión preestablecida la bomba de alimentación del líquido se apaga, mientras se va consumiendo el líquido que se encuentra en el interior del tanque, va bajando la presión hasta

llegar a una mínima establecida por el presóstato y encender la bomba de alimentación para empezar nuevamente el ciclo:

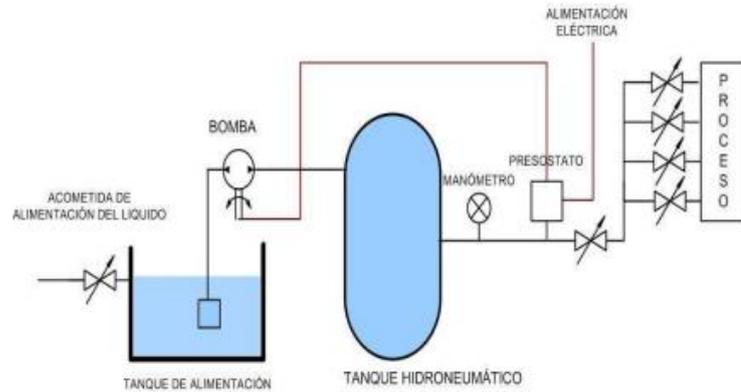


Figura 2.3 Sistema hidroneumático [fuente: <http://es.scribd.com/doc/55967615/sistemas-de-bombeo>]

2.3.2.3 SISTEMAS DE CONTROL DE PRESIÓN CON VARIADOR DE VELOCIDAD

Son sistemas basados en controlar y mantener la presión del líquido constante, colocando un sensor a la línea de descarga y luego conectado directamente hacia el variador para que ejecute el algoritmo de control enviando la frecuencia adecuada hacia el motor para mantener constante la presión:

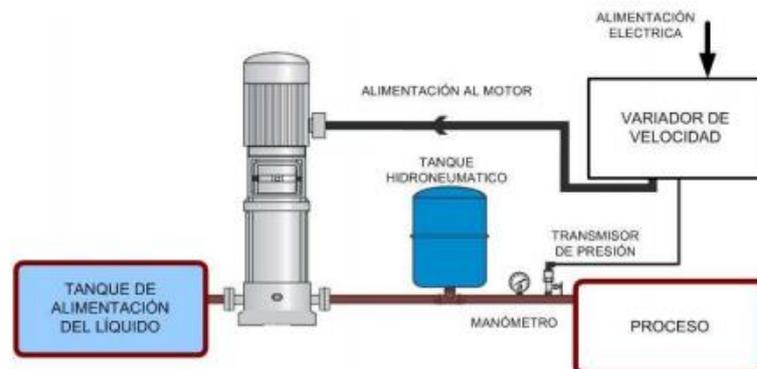


Figura 2.4 Sistema de control de presión con variador de velocidad [fuente: <http://es.scribd.com/doc/55967615/sistemas-de-bombeo>]

2.3.3 FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERÍAS

2.3.3.1 FLUJO LAMINAR Y TURBULENTO

FLUJO LAMINAR

Las partículas se mueven en direcciones paralelas formando capas o láminas, el fluido es uniforme y regular.

FLUJO TURBULENTO

Las partículas se mueven de forma desordenada en todas las direcciones; es imposible conocer la trayectoria individual de cada partícula.

NÚMERO DE REYNOLDS

El comportamiento del fluido depende de que el flujo sea laminar o turbulento, se demuestra en forma experimental y se verifica de modo analítico, que el carácter del flujo en un tubo redondo depende de cuatro variables: la densidad del fluido ρ , su viscosidad η , el diámetro del tubo D y la velocidad promedio del flujo v . Osborne Reynolds fue el primero en demostrar que es posible pronosticar el flujo laminar o turbulento si se conoce la magnitud de un número adimensional, al que hoy se le denomina número de Reynolds (N_R). La siguiente ecuación muestra la definición básica del número de Reynolds:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\eta} = \frac{vD}{\nu} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

NÚMERO DE REYNOLDS CRÍTICOS

Para las aplicaciones prácticas del flujo en tuberías, encontramos que si el número de Reynolds para el flujo es menor que 200, éste es laminar. Si el número de

Reynolds es mayor que 4000, el flujo será turbulento. En el rango de números de Reynolds entre 2000 y 4000 es imposible predecir que flujo existe; por tanto, le denominaremos región crítica.

2.3.3.2 FRICCIÓN DEL FLUIDO

Un fluido en movimiento presenta resistencia por fricción al fluir. Parte de la energía del sistema se convierte e energía térmica que se disipa a través de las paredes de la tubería por la que circula el fluido. La magnitud de la energía que se pierde depende de las propiedades del fluido, velocidad del flujo, tamaño de la tubería, acabado de la pared de la tubería y longitud de la misma.

2.3.3.3 VÁLVULAS Y ACCESORIOS

Es común que los elementos que controlan la dirección o el flujo volumétrico del fluido en un sistema generen turbulencia local en éste, lo que ocasiona que la energía se disipe como calor.

Siempre que hay una restricción: por ejemplo, un cambio en la velocidad o en la dirección del flujo, hay pérdidas de este tipo. En un sistema grande la magnitud de las pérdidas por válvulas y accesorios, por lo general es pequeña en comparación con las pérdidas por fricción en tuberías. Por tanto, dichas pérdidas reciben el nombre de pérdidas menores.

2.3.3.4 NOMENCLATURA DE LAS PÉRDIDAS Y GANANCIAS DE ENERGÍA

Las pérdidas y ganancias de energía en el sistema se contabilizan en términos de energía por unidad de peso del fluido que circula por él. Esto también se conoce como carga. Como abreviación de la carga se emplea el símbolo h , para las pérdidas y ganancias de energía. En específico se manejarán los siguientes términos:

$h_A =$ Energía que se agrega al fluido con un dispositivo mecánico.

$h_R =$ Energía que se remueve del fluido por medio de un dispositivo mecánico.

$h_L =$ Pérdidas de energía del sistema por la fricción en las tuberías, o pérdidas menores por válvulas y otros accesorios.

La magnitud de las pérdidas de energía que produce la fricción del fluido, las válvulas y accesorios, es directamente proporcional a la carga de velocidad del fluido. Matemáticamente se expresa así:

$$h_L = K(v^2/2g) \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

El término K es el coeficiente de resistencia. La ecuación general de energía se utilizará como extensión de la ecuación de Bernoulli, lo que permite la resolución de problemas en los que existe pérdida y ganancia de energía. En la figura 2.4 se aprecia la interpretación lógica de la ecuación de la energía, la cual representa un sistema de flujo.

Los términos E'_1 y E'_2 denotan la energía que posee el fluido por unidad de peso en las secciones 1 y 2, respectivamente. Se muestran las energías agregadas, removidas y perdidas h_A , h_R y h_L . Para un sistema tal, la expresión del principio de conservación de energía es:

$$E'_1 + h_A - h_R - h_L = E'_2 \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

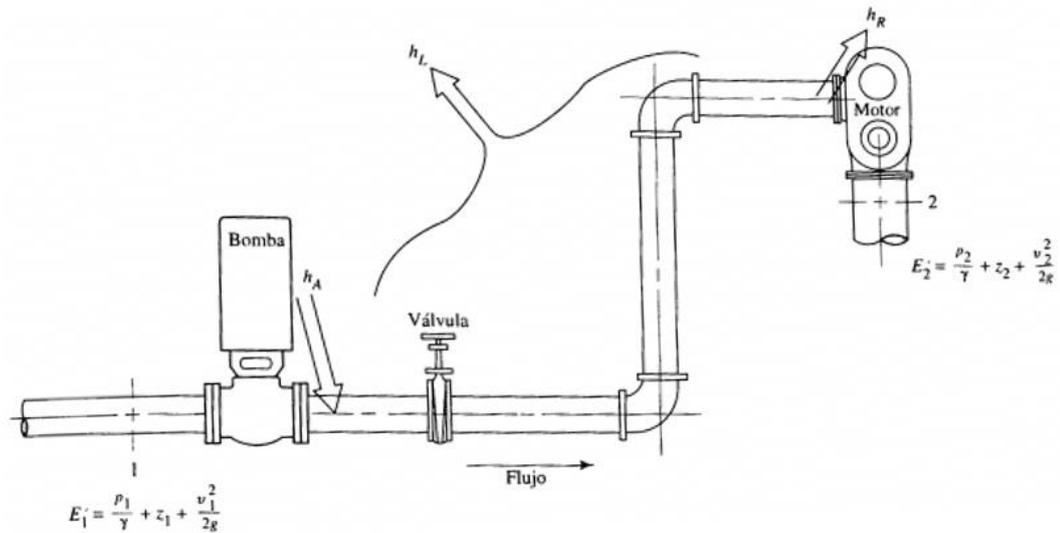


Figura 2.5 Interpretación lógica de la ecuación de la energía [fuente: MOTT Robert. (2003). "Mecánica de Fluidos", Sexta edición, Impreso en México]

La energía que posee el fluido por unidad de peso es:

$$E' = \frac{p}{\gamma} + z + \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

Entonces la Ecuación 2.3 se convierte en:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

2.3.3.5 PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN

ECUACIÓN DE DARCY

En la ecuación general de la energía:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Al término h_L se le definió como la pérdida de energía en el sistema. Una componente de la pérdida de energía es la fricción en el fluido que circula. Para el caso del flujo en tuberías y tubos, la fricción es proporcional a la carga de velocidad del flujo y a la relación de la longitud al diámetro de la corriente. Esto se expresa en forma matemática como la ecuación de Darcy:

$$h_L = f x \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g}$$

donde

h_L = pérdida de energía debido a la fricción

L = longitud de la corriente del flujo

D = diámetro de la tubería

v = velocidad promedio del flujo

f = factor de fricción

Para flujo laminar:

$$f = \frac{64}{N_R}$$

$$h_L = \frac{32\mu Lv}{\gamma D^2}$$

Para flujo turbulento:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{N_R \sqrt{f}} \right]$$

TABLA 2.1 CONFIGURACIÓN DE ENTRADA Y SALIDA DEL DEPÓSITO DEL LÍQUIDO

Salida de depósito	A ras de pared	$0.5 \frac{V_2^2}{2g}$
	Tubería entrante	$\frac{V_2^2}{2g}$
	Tubería abocinada	$0.05 \frac{V_2^2}{2g}$
Entrada de depósito		$\frac{V_1^2}{2g}$
Ensanchamiento brusco		$\frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa

Longitud Equivalente:

$$h_L = K \frac{V^2}{2g}$$

$$K = f_{tubo} \frac{Le}{D}$$

TABLA 2.2 LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS

Accesorio		Le/D
Válvula de globo abierta		340
Válvula de ángulo abierta		150
Válvula de compuerta	Abierta	8
	75% abierta	35
	50% abierta	160
	25% abierta	900
Válvula de bola abierta		150
Válvula de mariposa abierta		450
Codo 90°		30
Codo 90° (gran radio)		20
Codo 90° de calle		50
Codo de 45°		16
Codo de 45° de calle		25
T. flujo en el tramo		20
T. flujo en rama		60

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa

2.3.3.6 SISTEMAS DE TUBERÍAS EN SERIE

Las tuberías en serie son aquel conjunto de tuberías que forman parte de una misma conducción y que tienen diferente diámetro, aplicándose la ecuación general de la energía, llamada también la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Existen tres tipos de casos:

I. Conocida la tubería hay que determinar, para un Q, las pérdidas de energía de toda la tubería y sus accesorios.

- Se calcula h_L .
- Se aplica *Bernoulli*

II. Determinar el caudal en los tramos de la tubería. (Iteración)

- Se debe presuponer Q ; N_R , f , y h_L ($v = 3$ a 5 m/seg)
- Se calculan N_R , f , y h_L
- Se calcula el nuevo Q
- Se calculan N_R , f , y h_L ...

Si sólo hay pérdidas de energía por fricción, y para el caso del agua, se puede emplear la ecuación:

$$Q = -2.22D^2 \sqrt{\frac{gDh_L}{L}} \log \left[\frac{1}{3.7D/\varepsilon} + \frac{1.784v}{D\sqrt{gDh_L/L}} \right]$$

III. Determinar el diámetro necesario en la tubería para un caudal y una pérdida de presión admisible máxima. (Iteración)

- Se debe presuponer un valor del coeficiente de fricción ($f = 0,025$)
- Se calcula h_L y N_R
- Se calcula f
- Se calcula h_L y N_R ...

Para el caso del agua, se puede emplear la ecuación:

$$D = 0.66 \left[\varepsilon^{1.25} \left(\frac{LQ^2}{gh_L} \right)^{4.75} + vQ^{9.4} \left(\frac{L}{gh_L} \right)^{5.2} \right]^{0.04}$$

POTENCIA QUE REQUIEREN LAS BOMBAS

La potencia se define como la rapidez a que se realiza un trabajo. En la mecánica de fluidos se modifica dicho enunciado y se considera que la potencia es la rapidez con que se transfiere la energía.

La potencia que una bomba agrega a un fluido se define como:

$$P_A = h_A \gamma Q$$

donde γ es el peso específico del fluido que circula a través de la bomba y Q es el flujo volumétrico del fluido.

EFICIENCIA MECÁNICA DE LAS BOMBAS

El término de eficiencia se utiliza para denotar la relación de la potencia transmitida por la bomba al fluido a la potencia que suministra a la bomba. Debido a las pérdidas de energía por fricción mecánica en los componentes de la bomba, fricción del fluido y turbulencia excesiva en ésta, no toda la potencia de entrada se transmite al fluido. Entonces, si se denota la eficiencia mecánica con el símbolo e_M , tenemos:

$$e_M = \frac{\text{Potencia transmitida al fluido}}{\text{Potencia de entrada a la bomba}} = \frac{P_A}{P_I}$$

El valor de e_M siempre será menor que 1.0.

2.3.4 SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control según la Teoría Cibernética se aplican en esencia para los organismos vivos, las máquinas y las organizaciones. Estos sistemas fueron relacionados por primera vez en 1948 por Norbert Wiener en su obra “*Cibernética y Sociedad*” con aplicación en la teoría de los mecanismos de control. Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados. Hoy en día los procesos de control son síntomas del proceso industrial que estamos viviendo. Estos sistemas se usan típicamente en sustituir un trabajador pasivo que controla un determinado sistema (ya sea eléctrico, mecánico, etc.) con una posibilidad nula o casi nula de error, y un grado de eficiencia mucho más grande que el de un trabajador. Los

sistemas de control más modernos en ingeniería automatizan procesos en base a muchos parámetros y reciben el nombre de Controladores de Automatización Programables (PAC).

2.3.4.1 SISTEMAS DE LAZO ABIERTO/CERRADO

Un sistema que mantiene una relación establecida entre la salida y la entrada de referencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control, se denomina sistema de control realimentado o de lazo cerrado. También existen los sistemas de lazo abierto en los cuales la salida no afecta la acción de control. En esta sección veremos las características de cada uno y también sus diferencias.

2.3.4.2 SISTEMAS DE LAZO CERRADO

DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control de lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente.

En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la salida de realimentación (que puede ser la señal de salida misma o una función de la señal de salida y sus derivadas o/y integrales) a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentando para reducir el error del sistema.

ELEMENTOS BÁSICOS

1. Elemento de comparación: Este elemento compara el valor requerido o de referencia de la variable por controlar con el valor medido de lo que se obtiene a

la salida, y produce una señal de error la cual indica la diferencia del valor obtenido a la salida y el valor requerido.

2. Elemento de control: Este elemento decide que acción tomar cuando se recibe una señal de error.

3. Elemento de corrección: Este elemento se utiliza para producir un cambio en el proceso al eliminar el error.

4. Elemento de proceso: El proceso o planta, es el sistema dónde se va a controlar la variable.

5. Elemento de medición: Este elemento produce una señal relacionada con la condición de la variable controlada, y proporciona la señal de realimentación al elemento de comparación para determinar si hay o no error.

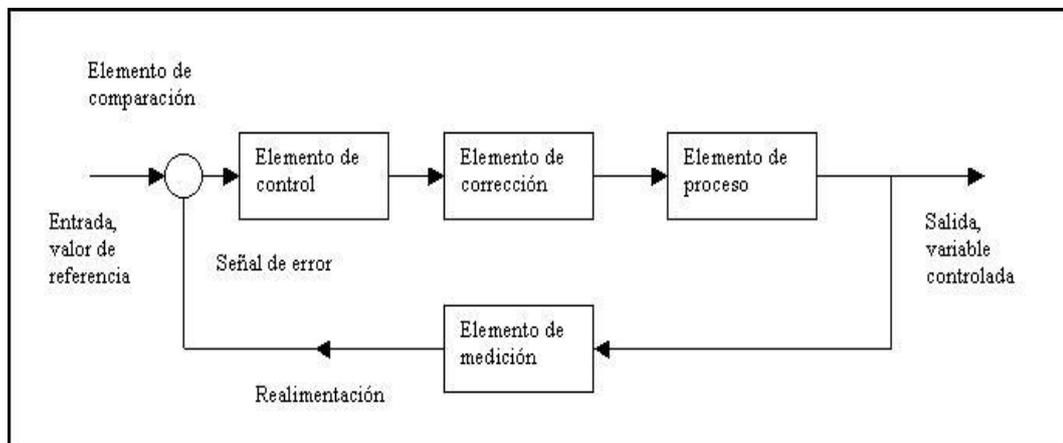


Figura 2.6 Esquema del sistema de lazo cerrado [fuente:

<http://ayciaguillo.blogspot.com/2013/02/1-clase.html>]

2.3.4.3 SISTEMAS DE LAZO ABIERTO

DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Son los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control. En un sistema en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Por tanto a cada entrada de referencia le corresponde una

condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se utiliza si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado.

ELEMENTOS BÁSICOS

1. Elemento de control: Este elemento determina qué acción se va a tomar dada una entrada al sistema de control.
2. Elemento de corrección: Este elemento responde a la entrada que viene del elemento de control e inicia la acción para producir el cambio en la variable controlada al valor requerido.
3. Proceso: El proceso o planta en el sistema en el que se va a controlar la variable.

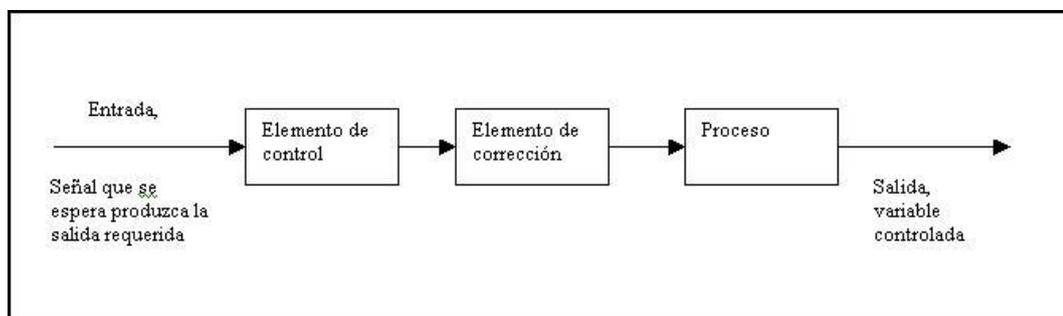


Figura 2.7 Esquema del sistema de lazo abierto

[fuente:<http://ayciaguillo.blogspot.com/2013/02/1-clase.html>]

2.3.4.4 SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO CERRADO CONTRA LOS SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO

Las ventajas de tener una trayectoria de realimentación y, por lo tanto, un sistema en lazo cerrado en lugar de un sistema en lazo abierto son:

1. Más exacto en la igualación de los valores real y requerido para la variable.
2. Menos sensible a las perturbaciones.

3. Menos sensible a cambios en las características de los componentes.
4. La velocidad de respuesta se incrementa y, por lo tanto, el ancho de banda es mayor, es decir, el intervalo de frecuencias en los que el sistema responderá.

Pero hay algunas desventajas:

1. Hay una pérdida en la ganancia en cuanto a que la función de transferencia de un sistema en lazo abierto, se reduce de G a $G/(1+GH)$ por una trayectoria de realimentación con una función de transferencia H .
2. Existe una gran posibilidad de inestabilidad.
3. El sistema es más complejo y, por lo tanto, no sólo más caro, sino más propenso a descomposturas.

2.3.5 CIRCUITOS ELÉCTRICOS BÁSICOS DE CONTROL

En todo circuito eléctrico de control se diferencian dos tipos:

2.3.5.1 CIRCUITOS DE POTENCIA

Es el encargado de alimentar el receptor (motor, calefacción, electrofreno, iluminación, etc.). Está compuesto por el contactor (identificado con la letra K), elementos de protección (identificados con la letra F , como pueden ser fusibles, relés, etc.) y un interruptor trifásico general (identificado con la letra Q).

2.3.5.2 ESQUEMA DE MANDO

Es el encargado de controlar el funcionamiento del contactor. Normalmente consta de elementos de mando (pulsadores, interruptores), elementos de protección, bobinas de contactores, temporizadores y contactos auxiliares. Este circuito está separado eléctricamente del circuito de potencia, es decir, que ambos circuitos pueden trabajar a tensiones diferentes, por ejemplo, el de potencia a 220 V de C.A. y el de mando a 24 V de C.C.

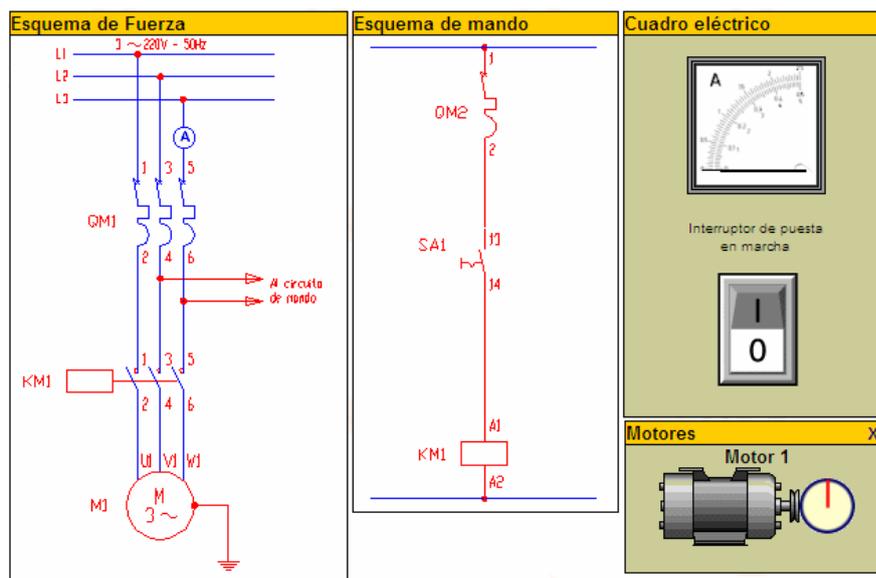


Figura 2.8 Circuitos eléctricos básicos de control [fuente:

http://www.escuelassj.com/file.php/37/materials_comuns/utilitats/cacel/CACEL1/ayuda/como_simular.htm”

Un circuito de potencia estará dimensionado a la tensión e intensidad que necesite el motor.

2.3.5.3 MANDO PILOTO

El elemento piloto es el que define el estado de operación de un aparato, dispositivo o máquina, estos no son memorizados. Un interruptor de temperatura, presión, nivel de líquido, etc. Pueden constituir un elemento piloto. En el ejemplo se utiliza como mando piloto a un pulsador y un relé; al energizarse KM1 por impulsos a través de SM2 si se detecta sobreintensidad QM2 desconectará KM1 hasta que sea armado el relé.

2.3.6 DISPOSITIVOS DE CONTROL

2.3.6.1 PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)

Es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial procesos secuenciales.



Figura 2.9 Controlador Lógico Programable

[fuente: <http://matiasnahuelheredia.blogspot.com/2012/10/seguridad-en-plc-scada-y-pantallas-hmi.html>]

Las ventajas en el uso del PLC comparado con sistemas basados en relé o sistemas electromecánicos son:

- Reemplazar la lógica de relés para el comando de motores, máquinas.
- Reemplazar temporizadores y contadores electromecánicos.
- Controles sencillos de LA y/o LC.
- Interface computador/proceso.
- Control y comando de tareas repetitivas o peligrosas.
- Detección de fallas y manejo de alarmas.
- Regulación de aparatos remotos.
- Posibilidad para ambientes peligrosos.
- Menor cableado.
- Reducción de espacio.
- Facilidad para mantenimiento y puesta a punto.
- Flexibilidad de configuración y programación.
- Reducción de costos.

El autómata programable consta de los siguientes componentes:

- a) Unidad central de procesamiento (CPU), que constituye el "cerebro" del sistema y toma decisiones en base a la aplicación programada.
- b) Módulos para señales digitales y analógicas (I/O)

- c) Procesadores de comunicación (CP) para facilitar la comunicación entre el hombre y la máquina o entre máquinas. Se tiene procesadores de comunicación para conexión a redes y para conexión punto a punto.
- d) Módulos de función (FM) para operaciones de cálculo rápido.

Existen otros componentes que se adaptan a los requerimientos de los usuarios:

- Módulos de suministro de energía
- Módulos de interfaces para conexión de racks múltiples en configuración multi-hilera

En los módulos de entrada pueden ser conectados:

- Sensores inductivos, capacitivos, ópticos
- Interruptores
- Pulsadores
- Llaves
- Finales de carrera
- Detectores de proximidad

En los módulos de salida pueden ser conectados:

- Contactores
- Electroválvulas
- Variadores de velocidad
- Alarmas

2.3.6.2 ELECTROVÁLVULAS

Son mecanismos que están constituidas del solenoide y la válvula. El solenoide se encarga de convertir la energía eléctrica en mecánica para actuar sobre la válvula,

en algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para vencer la fuerza del muelle y abrir la válvula. Existen electroválvulas biestables que utilizan un solenoide para abrir y otro para cerrar o con un solo solenoide que abre o cierra con un impulso eléctrico.



Figura 2.10 Electroválvulas [fuente: <http://www.ainse.net/valvulas.asp>]

2.3.6.3 UNIDAD DE MANTENIMIENTO (FRL)

Constituyen unidades indispensables para el correcto funcionamiento de los sistemas neumáticos y para prolongar la vida útil de los componentes. Se instalan en la línea de alimentación de un circuito, suministrando aire libre de humedad e impurezas, lubricado y regulado a la presión requerida, es decir en las óptimas condiciones de utilización.



Figura 2.11 Unidad de mantenimiento [fuente: <http://www.industriasociadas.com/Norgren/Filtros%20y%20Unidades%20de%20Mantenimiento.htm>]

Los conjuntos FRL poseen en suma todas las características funcionales y constructivas de cada uno de los elementos que los constituyen. A continuación se describen las principales funciones:

2.3.6.4 FILTROS

Son elementos necesarios en toda instalación neumática correctamente concebida, aun cuando se haya hecho tratamiento del aire a la salida del compresor o del depósito. Éste no impedirá la llegada a los puntos de consumo de partículas de óxido ni de pequeñas cantidades de condensado provenientes de las redes de distribución. El aire de red ingresa al filtro dirigiéndose luego hacia la parte inferior, encontrando un deflector en forma de turbina que modifica la forma de la corriente haciéndola rotar. Esta rotación separa por centrifugado las partículas más pesadas: gotas de agua, emulsión agua - aceite, cascarillas de óxido, etc. Desprovisto de las impurezas más gruesas, el aire avanza hacia la salida pasando obligatoriamente por un filtro sinterizado o de fibras sintéticas, capaz de retener las partículas sólidas no precipitadas en el filtro ciclónico. Se disponen de variados rangos de filtración, expresados en micrones.

2.3.6.5 REGULADORES DE PRESIÓN

Un regulador de presión, instalado en la línea después de filtrar el aire, cumple las siguientes funciones:

- Evitar las pulsaciones provenientes del compresor.
- Mantener una presión constante e independiente de la presión de la línea y del consumo.
- Evitar un excesivo consumo por utilizar presiones de operación mayores que las necesarias para los equipos.
- Independizar los distintos equipos instalados.

Su funcionamiento se basa en el equilibrio de fuerzas sobre una membrana o pistón, que soporta sobre su parte superior la tensión de un resorte, la que puede variarse a voluntad por la acción de un tornillo de accionamiento manual mediante una perilla. En su parte inferior la membrana soporta directamente la presión de salida. Desequilibrando el sistema por aumento voluntario de la tensión del resorte, la membrana descenderá ligeramente abriendo la entrada de aire a presión. Esta introducción de aire permanecerá hasta que se restablezca el equilibrio perdido, con una presión resultante ligeramente mayor.

2.3.6.6 LUBRICADORES

La lubricación de los componentes neumáticos evita el prematuro deterioro de los mismos, provocado por la fricción y la corrosión, aumentando notablemente su vida útil, reduciendo los costos de mantenimiento, tiempos de reparación y repuestos.

2.3.7 ENERGÍA CONVENCIONAL

Se denomina así a todas las energías que son de uso frecuente en el mundo o que son las fuentes más comunes para producir energía eléctrica. En este caso, algunas veces se utiliza como agente de locomoción la fuerza del agua, como medio de producir energía mecánica, a través del movimiento de una rueda con cucharas y alabes, que canalizan el poder natural de las aguas y cuyos dispositivos se denominan turbinas. El agua utilizada para este fin pertenece al medio ambiente natural en que vivimos y por su fertilidad pertenece a la clase renovable.

En otras ocasiones, se utiliza la combustión del carbón, el petróleo o el gas natural, cuyo origen son los elementos fósiles, que les sirve como combustible para calentar el agua y convertirlo en vapor.

El movimiento producido por la combustión y explosión de los derivados del petróleo, como son, la gasolina, el petróleo diesel 2 y diesel 5, se realiza mediante

la acción de pistones, a través de un sistema de bielas que transmiten su movimiento en un eje.

2.3.8 DISEÑO MECÁNICO

En ingeniería el diseño mecánico es resultado de investigaciones sobre el límite de fluencia de los materiales, valor de esfuerzo aplicado en el que el material comienza a deformarse permanentemente, adquiriendo propiedades diferentes a las que tenía antes de someterlo a una fuerza.

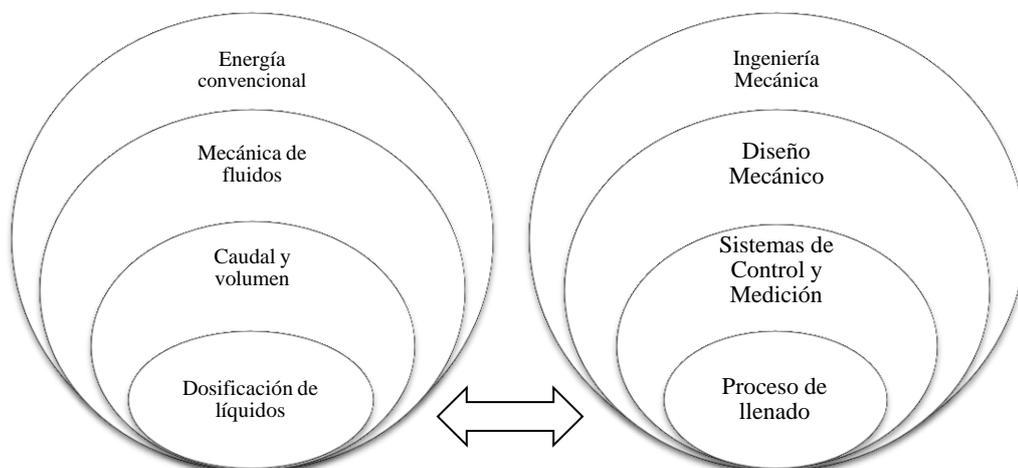
Para lograr un diseño adecuado, se debe llegar a un cociente límite de fluencia/fuerza aplicada (en la manera más sencilla de presentarlo) mayor a la unidad.

El proceso de diseño inicia con la identificación de la necesidad, para luego plantear el problema concreto, también se realiza de manera iterativa el análisis y síntesis hasta concluir con el diseño final

2.4 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

Variable independiente: Estudio de un sistema de dosificación de líquidos.

Variable dependiente: Controlar el proceso de llenado de botellas.



2.5 HIPÓTESIS

Un sistema de dosificación de líquidos aplicable al laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial permitirá realizar prácticas de procesos de llenado.

2.5.1 VARIABLES

V.I.: Un sistema de dosificación de líquidos aplicable al laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial.

V.D.: Prácticas de procesos de llenado.

2.5.2 TÉRMINO DE RELACIÓN

Permitirá realizar.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

En la presente investigación predominó lo cuantitativo y esto está dado por la preferente utilización de la variable discreta tomando como indicador el tiempo de llenado del sistema de dosificación. El enfoque cualitativo tampoco puede faltar para graduar de acuerdo a cualidades y aspectos o ventajas de los sistemas de dosificación.

3.2 NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

- De campo: la presente investigación se realizó en el lugar en donde se hicieron pruebas de funcionamiento lo cual permitió generalizar los resultados de la investigación y una recolección de datos muy variada.
- Experimental: la investigación necesariamente requirió la manipulación del sistema y el uso de las variables tanto las dependientes como las independientes y de esta manera se pudo demostrar la hipótesis.
- Bibliográfica: se utilizó documentos y otras fuentes bibliográficas para la investigación y lograr determinar el sistema para la implementación.

3.2.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

- Exploratoria: nos permitió obtener un conocimiento general del tema para luego realizar posteriormente una investigación más precisa de las variables.

- Descriptiva: el uso de los datos obtenidos permitieron una mejor interpretación de los parámetros de la investigación.
- Explicativa: con los datos obtenidos se pudieron analizar, interpretar y resultados para solucionar el problema.
- Correlacional: mediante la propuesta se relacionaron las variables tanto independientes como dependientes durante la investigación.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:

Un sistema de dosificación de líquidos aplicable al laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial.

TABLA 3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
La dosificación es el proceso por el cual se gradúa a una cantidad deseada.	Tipos	¿Cuál es el tipo de dosificación aplicable para el sistema?	- Por presión - A vacío - Por pistón - Por gravedad	Investigación bibliográfica. Observación y experimentación en prototipo
La automatización es la utilización de técnicas y equipos para el gobierno de un proceso industrial, de tal forma que ese sistema funcione de forma autónoma, con poca o ninguna intervención humana.		Sistema de control	¿Qué sistema de control será el adecuado para la dosificación?	- De lazo abierto - De lazo cerrado
	Caudal	¿Cómo se controla el caudal en el sistema?	- Electroválvulas - Válvulas Neumáticas - Válvulas reguladoras de caudal	Investigación bibliográfica. Observación y experimentación en prototipo

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa.

3.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE: Prácticas de procesos de llenado.

TABLA 3.2 VARIABLE DEPENDIENTE

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El proceso de llenado consiste en controlar la cantidad de líquido introducida en la botella mediante medida.	Volumen de llenado Tiempo de llenado	¿Cómo se controla el volumen en el proceso de llenado?	- Llenado por gravedad a nivel - Llenado volumétrico proporcional al tiempo - Llenado por peso	Observación y experimentación en prototipo Investigación bibliográfica
La botella es una vasija de cristal, vidrio, barro cocido u otro material, con el cuello estrecho, que sirve para contener líquidos.	Tamaño de las botellas	¿Qué tamaño es el apropiado para el dosificador?	- Volumen - Altura - Área que ocupa	Observación y experimentación en prototipo Investigación de campo

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa.

3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En la presente investigación se utilizó las siguientes técnicas con sus respectivos instrumentos: Observación directa, indirecta, participante, bibliográfica, de campo y de laboratorio utilizando como instrumentos los cuadernos de notas, escalas estimativas.

3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.5.1 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

- Revisión crítica de la información recogida.
- Tabulación de cuadros según las variables de la hipótesis: Cuadro de una variable, cuadro con cruce de variables, etc.

- Porcentual: Obtener relación porcentual con respecto al total.
- Con el porcentaje y los resultados numéricos se estructura el cuadro de resultados que sirve de base para la representación gráfica.
- Gráfica: representar los resultados mediante gráficos estadísticos.
- Estudio estadístico de datos para la presentación de resultados.
- Analizar e interpretar los resultados relacionándoles con los objetivos y la hipótesis.

3.5.2 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Luego de la obtención de gráficos, en la parte inferior de cada uno estos es común encontrar unas pocas líneas con el análisis e interpretación del mismo en función de los objetivos y la hipótesis o de la propuesta.

- Análisis de los resultados estadísticos destacando la tendencia de acuerdo a los objetivos y la hipótesis.
- Interpretación de resultados con el apoyo del marco teórico.
- Comprobación de hipótesis.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

De acuerdo a la investigación de campo y bibliográfica en conjunto de la observación como técnica para recoger la información necesaria, nos ayudó a determinar que los equipos y los procesos para realizar el control de llenado de botellas se los puede encontrar en libros y catálogos en donde se muestran algunas alternativas de selección.

4.2 INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para la interpretación de los resultados se realizó una ponderación de las características indicando su valor, desde 1 hasta 3, siendo lo más favorable el mayor valor para cada ponderación.

TABLA 4.1 VALORACIÓN DE PONDERACIÓN

NIVELES DE PONDERACIÓN	
Alta	3
Media	2
Baja	1

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa

Cada una de las valoraciones descritas anteriormente se refiere a las características evaluadas en cuanto a prestaciones o ventajas, mientras más puntaje, más altas serán las prestaciones o aspectos positivos del ítem a analizar.

A continuación se muestra las tablas analizando cada uno de los sistemas de para la dosificación y se evaluaron cada uno de los aspectos de posicionamiento del sistema, control y presión:

TABLA 4.2 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO PARA EL EMBOTELLADO

SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO PARA EL EMBOTELLADO				
TIPO	Capacidad Producción¹	Costo estimado	Características y mantenimiento	TOTAL
NEUMÁTICO	1000 botellas/hora	\$ 800	El aire está disponible en forma gratuita y no precisa conductos de retorno. Factibilidad de encontrar los elementos constitutivos fácilmente. Si se dispone de un dispositivo de mantenimiento de filtro de aire y lubricación el mantenimiento se reduce al mínimo.	✓
PONDERACIÓN	3	2	3	8
HIDRÁULICO	1000 botellas/hora	\$1400	Sus accesorios y elementos no se los encuentra fácilmente. Si se dispone de un dispositivo de mantenimiento éste se reduce al mínimo.	✗
PONDERACIÓN	3	1	2	6
MECÁNICO	600 botellas/hora	\$600	Factibilidad de encontrar los elementos constitutivos fácilmente. Con lubricación adecuada, correcta utilización del sistema, buena preservación y cuidado mediante mantenimiento muy frecuente añadiendo cierta complejidad.	✗
PONDERACIÓN	2	3	2	7

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa

¹ <http://www.indupaksa.com/>

TABLA 4.3 SISTEMAS DE CONTROL

SISTEMAS DE CONTROL				
ITEM	Programación	Costo estimado	Características	TOTAL
PLC FL 010	Programación flexible para automatización, con entradas y salidas ya establecidas.	\$320	8 entradas, 8 salidas ampliables con módulos de expansión. Conexión serial y USB. Sus recursos son ocupados enteramente a la ejecución de su programación. Son robustos y compactos Mantenimiento casi nulo Rapidez de respuesta Ampliación de sus entradas y salidas mediante adición de módulos	✓
PONDERACIÓN	3	2	3	8
MICRO-CONTROLADOR PIC 16F84	Programación flexible, diseñar las entradas y salidas, además necesita de adicionales para el manejo de E/S hacer la fuente de tensión, etc.	\$200	El puerto A con 5 líneas y el puerto B con 8 líneas. Cada pin se puede configurar como entrada o como salida independiente. Es poco flexible ante modificaciones o ampliaciones. Capacidad de almacenamiento de tareas mucho menor. Requiere de la elaboración de un circuito adicional.	✗
PONDERACIÓN	2	3	2	7
PC Intel Dual Core -320Gb de almacenamiento - Memoria RAM 8Gb	Parecido al microcontrolador, hay que crear entradas y salidas, diseñar el programa con un lenguaje predeterminado.	\$600	Con cable de conexión al puerto, 8 entradas y 8 salidas. Ocupa sus recursos en atender otros servicios y procesos, por lo tanto su respuesta puede no ser tan rápida. No apto para el entorno industrial. Ocupa mucho espacio de trabajo.	✗
PONDERACIÓN	2	1	1	4

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa.

TABLA 4.4 SISTEMA DE PRESIÓN

SISTEMAS DE PRESIÓN				
TIPO	Presión de trabajo	Costo estimado	Características y mantenimiento	TOTAL
De tanque a tanque	Limitada, dependiente de la altura.	\$ 400	Limpieza de los tanques de almacenamiento, además del mantenimiento de la bomba. Necesidad de varios tanques. Sistema con funcionamiento simple.	x
PONDERACIÓN	1	3	2	6
Hidroneumático	Casi constante mediante regulación del presóstato	\$500	Limpieza del tanque además mantenimiento de la bomba y tanque hidroneumático. Complejidad del sistema moderado.	✓
PONDERACIÓN	2	2	3	7
Con variador de velocidad	Constante mediante regulación del variador hacia el motor.	\$800	Limpieza del tanque además mantenimiento de la bomba y componentes electrónicos del variador de velocidad. Sistema complejo con respecto a los demás.	x
PONDERACIÓN	3	1	1	5

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa

4.2.1 GUÍA DE PRÁCTICAS

La guía de práctica es un documento orientador que permite unificar criterios básicos para la planificación, organización y ejecución de una práctica durante el proceso de formación de los estudiantes.

Para la organización de la práctica se hace referencia a las etapas de la misma estableciendo una secuencia de contenidos y señalando la finalidad predominante en cada etapa.

Generalmente la guía de prácticas consta de los siguientes elementos:

1. DATOS INFORMATIVOS:

Contiene datos personales así como la fecha de realización.

2. TEMA:

Indica el tema de la práctica desarrollada.

3. OBJETIVOS:

Establece la finalidad de la realización de la práctica en objetivos claros, precisos y medibles.

4. EQUIPO Y MATERIALES:

Contiene todo el equipo utilizado para la realización de la práctica.

5. MARCO TEÓRICO:

Debe contener un resumen claro y completo de fundamentación teórica que se relaciona con la práctica.

6. PROCEDIMIENTO:

Establece paso a paso todas las actividades realizadas para cumplir con los objetivos de la práctica.

7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

Presenta los resultados obtenidos, además de los cálculos de respaldo para la realización de la práctica organizados mediante tabulación y gráficos comparativos.

8. CONCLUSIONES:

Precisa si se alcanzaron o no cada uno de los objetivos de la práctica.

9. RECOMENDACIONES:

Enuncia las sugerencias que sirvan para mejorar la realización de futuras prácticas.

10. BIBLIOGRAFÍA:

Referencia las diferentes fuentes de información y consulta.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

A través del establecimiento de una guía de prácticas se pudo verificar que mediante la aplicación de la misma permite la realización de prácticas de llenado de botellas, en conjunción al prototipo del sistema de dosificación requerido.

Para la realización de una práctica se estableció una guía, en donde se tienen que especificar los siguientes elementos para la práctica de llenado:

- **DATOS INFORMATIVOS:** Aquí se ubicará los datos de número de informe, nombre, semestre, fecha de realización y entrega del mismo.
- **TEMA:** Se indica el tema de la práctica enfocado al llenado de botellas.
- **OBJETIVOS:** En los objetivos se ubica la finalidad de la práctica, debe ser enfocado a la determinación del tiempo de llenado de botellas además de la producción de botellas.
- **EQUIPOS Y MATERIALES:** para la práctica se necesitará primeramente el prototipo, en adición de un cronómetro para la medición de tiempos de llenado, botellas de 500cm^3 , una fuente de agua para el tanque de almacenamiento, conexión de energía eléctrica a 110V y un compresor o fuente de aire comprimido.
- **MARCO TEÓRICO:** Debe contener un resumen de la fundamentación teórica utilizada para la práctica, en donde se puede hacer referencia a este proyecto de investigación.
- **PROCEDIMIENTO:** Las actividades necesarias para la realización de la práctica son: Encendido y energización del prototipo, ubicación de las botellas en el riel para la dosificación, accionamiento de los controles para el proceso de dosificación
- **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:** Los parámetros para el análisis de los resultados generalmente son: tiempo de llenado, producción de botellas dosificadas y caudal de llenado, utilizando tablas y gráficos estadísticos comparativos.

- **CONCLUSIONES:** Se establece si se alcanzó a cumplir los objetivos, como son la determinación del tiempo de llenado, la producción y el caudal.
- **RECOMENDACIONES:** Definir las recomendaciones para mejorar la realización de futuras prácticas.
- **BIBLIOGRAFÍA:** Se referencia las fuentes de investigación para la realización de la práctica, tomando en cuenta la presente investigación como base teórica.

Mediante el análisis de los resultados y la interpretación de los datos se ha definido que para el prototipo del sistema de dosificación de líquidos son necesarios los siguientes elementos:

- Un sistema hidroneumático para el control de la presión del dosificado, además conjuntamente con una válvula de bola que nos permitirá variar el caudal del dosificado, Además el sistema dispondrá de un tanque de almacenamiento que dotará un suministro continuo del líquido para la dosificación. También el tanque dispondrá internamente de un flotador que controlara el nivel de agua dentro del mismo, así se obtendrá dotación continua del líquido.
- La implementación de un PLC para el sistema de control de lazo cerrado es necesario analizando las ventajas y características del mismo, viendo una favorable inversión en el equipo, además de ser muy manejable, el PLC está hecho para durar, de manera que es la alternativa más óptima para el sistema de control
- Para el control de la apertura y el cierre del paso fluido en la dosificación se lo realizara mediante una electroválvula para fluidos, especialmente para agua, y su presión de trabajo estará denotado en el rango de 5 psi hasta 125 psi. Dicha válvula será controlada conjuntamente con el PLC para la ejecución del proceso mediante el tiempo de llenado obtenido en pruebas de funcionamiento.

- El sistema neumático para el posicionamiento en dosificado o embotellado es la mejor opción, ya que además de su constitución no muy compleja el costo es accesible con respecto a los otros sistemas. Estará compuesto de un par de cilindros de doble efecto y una electroválvula controlada a su vez por el PLC, que realizará el descenso y ascenso de las boquillas de dosificación.

La fusión de todos los elementos indicados anteriormente permitió un correcto funcionamiento del sistema de dosificación para la realización de prácticas de llenado de botellas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Un sistema de dosificación está compuesto básicamente de: la fuente de alimentación de líquido, el sistema de control, el sistema de presión y adicionalmente un sistema de posicionamiento de la boquilla de dosificación.
- Para la realización de prácticas de llenado se define una guía de prácticas en donde van a ser analizados los parámetros de dosificación.
- Los parámetros para el llenado son: el tiempo de llenado y el volumen de llenado; así como también hay que tomar en cuenta sus parámetros derivados: producción total por hora y tiempo de manipulación de botellas.
- De las tablas 4.2, 4.3 y 4.4 se concluye que los elementos adecuados con los que se constituye un dosificador de líquidos son los siguientes: un tanque de almacenamiento del fluido a dosificar, también un sistema hidroneumático para el sistema de presión, para el posicionamiento de las boquillas de dosificación se utilizará cilindros de doble efecto, además para el sistema de control se establece un PLC que conjuntamente con electroválvulas y demás elementos de control permitirán la correcta operación del proceso.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para el correcto funcionamiento del sistema de dosificación en la realización de prácticas de llenado se recomienda implementar un plan de

mantenimiento programado para que las partes constitutivas del mismo se mantengan a punto y no tengan que ser remplazados de manera acelerada.

- Al trabajar con PLC se debe tomar muy en cuenta las características y el voltaje de trabajo, ya que si se utiliza con menos de 110V, obligadamente se debe colocar una fuente de poder extra según las necesidades.
- Se recomienda también la utilización periódica del sistema ya que la bomba del sistema hidroneumático se deteriora debido al agua que queda dentro de la bomba produciendo corrosión que podría incurrir en daño total de la misma.
- Para un adecuado comportamiento del sistema de dosificación en las prácticas de llenado de botellas se recomienda leer la guía de prácticas para que los equipos y sistemas funcionen de manera óptima preservando cada uno de los elementos del mismo.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE LÍQUIDOS PARA CONTROLAR EL PROCESO DE LLENADO DE BOTELLAS APLICABLE AL LABORATORIO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.

6.1 DATOS INFORMATIVOS

El sistema de dosificación consta de los siguientes elementos y componentes:

- Un tanque de almacenamiento del fluido a dosificar.
- Un sistema hidroneumático para el sistema de presión.
- Cilindros de doble efecto para el posicionamiento de las boquillas de dosificación.
- Un PLC para el sistema de control.
- Electroválvulas y otros elementos de control para la correcta operación del proceso.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Almeida, W. & Chuqui, R. (2008) *Automatizar e implementar el sistema de enfundado y dosificación de líquidos para una máquina de características semi industriales*. Ciudad de Quito. Proyecto previo a la obtención del título de

ingeniero en electrónica y control. Escuela Politécnica Nacional, concluyeron lo siguiente:

- Se ha construido el sistema de enfundado y dosificado de líquido que proporciona una visión adecuada y práctica de las diferentes etapas que constituyen el sistema. Además brinda al estudiante la posibilidad de trabajar en el área de Control de Procesos Industriales de una manera didáctica.
- El proyecto implementado ha permitido investigar y aplicar los conocimientos adquiridos en libros, aulas, laboratorios durante el proceso de formación profesional.
- La maniobra para los dispositivos de control es de tipo ON/OFF, dichos elementos son gobernados por el PLC obteniendo resultados satisfactorios para el funcionamiento del sistema.
- Dependiendo de la cantidad de líquido que se va a enfundar, el tiempo de estabilización va a ser mayor o menor.
- Los conocimientos adquiridos dentro de la universidad no son suficientes para el desarrollo de este tipo de proyectos, por lo que es de gran ayuda la experiencia adquirida fuera de las aulas.

Paredes, D. & Rodríguez, R. (2010) *Diseño e implementación de un sistema de dosificación de líquidos con control de volumen a presión constante*. Ciudad de Quito. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero en electrónica y control. Escuela Politécnica Nacional, concluyeron lo siguiente:

- Se ha implementado un sistema de dosificación de líquidos con control de volumen a presión constante, aplicando los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación profesional, que permite tener una visión adecuada y práctica de las diferentes etapas que se tienen en el proceso.
- Como se puede comprobar el presente proyecto involucra varios conocimientos de Ingeniería como son: Control de Procesos Industriales, Interfaces de Comunicación, Mandos Neumáticos, Instrumentación y Control Industrial.

- Para automatizar este proceso es necesario trabajar en la parte mecánica en lo que respecta al diseño y construcción del sistema, para que las limitaciones que se presenten no sean un problema en el momento en que se implemente un sistema de control, y cumplir con las expectativas propuestas en el mismo.
- Cada uno de los dispositivos de control que se implementaron en el sistema son de características ON/OFF, los cuales son gobernados por el PLC y presentan resultados satisfactorios de operación que garantizan el buen funcionamiento del proceso.
- Un cambio en el valor de la presión de dosificación en cada botella, produce un cambio en el tiempo de llenado por ciclo, por lo que se podría tener un incremento o disminución en el nivel de producción, teniendo en cuenta que no es recomendable aumentar demasiado la presión por el efecto de espuma que se tiene en el llenado de cada botella, y una disminución en la presión del líquido origina un aumento en el tiempo de llenado y por ende una disminución en el nivel de producción, acción que no es recomendable.

6.3 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto es elaborado principalmente para que los estudiantes realicen prácticas de acuerdo a la teoría impartida en el aula; para mostrar de esta manera el proceso del control industrial, mediante la aplicación de conocimientos en el campo en cuestión, relacionando todos los contenidos de la materia.

Además generar el interés de los estudiantes es un aspecto muy importante que se logra mediante la materialización de técnicas y procedimientos, para visualizar claramente los modelos de aprendizaje.

6.4 OBJETIVOS

- Implementar un sistema de dosificación de líquidos para controlar el proceso de llenado de botellas aplicable al laboratorio de sistemas de

medición y control industrial de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

- Elaborar una guía para realizar prácticas de llenado de botellas.
- Establecer los rangos y parámetros de medición para el sistema de dosificación.
- Determinar costos y seleccionar los materiales adecuados para el sistema de dosificación de líquidos.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

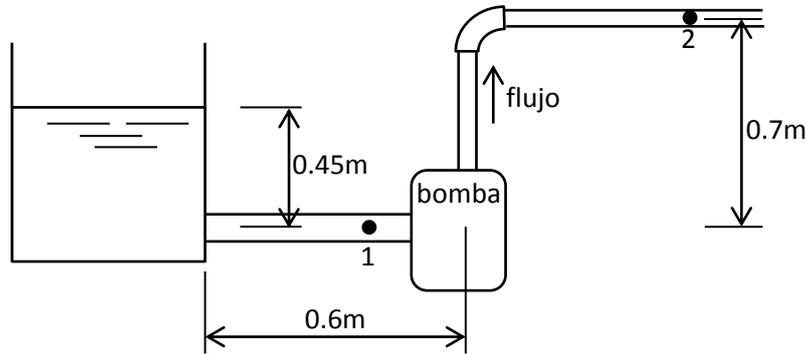
El sistema de dosificación es realizable debido a que se requieren conocimientos ya adquiridos durante el transcurso del ciclo de estudio en ingeniería mecánica. Es así que para la construcción de la estructura se establecen las diversas teorías de falla de cálculo, escogiendo así la más adecuada para el caso actual. Además el uso de la mecánica de fluidos fundamenta la selección de la bomba y tuberías del sistema. Otro factor importante es la programación del PLC, tomando en cuenta las entradas y salidas requeridas en el sistema así como los controles de operación de la máquina. Además la facilidad de encontrar sus elementos constitutivos como son: acero inoxidable, electroválvulas de aire y agua, equipos de bombeo y presión, tuberías y accesorios hace que el proyecto sea realizable. Los aspectos citados anteriormente serán establecidos en conjunción con el control industrial y así permitirá la materialización del sistema de dosificación de líquidos para realizar prácticas de llenado de botellas.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN Y SUS ELEMENTOS

Para el sistema de dosificación en la tabla 4.4 se estableció que el sistema hidroneumático es el más adecuado para suministrar el líquido a presión.

La configuración básica para la selección de la bomba es el siguiente:



La longitud total de la tubería a la salida de la bomba es de 0.6m, la tubería a la entrada de la bomba es de 1 pulgada, y a la salida de la bomba es de 0.5 pulgadas.

Debido al corto tramo en el sistema de tuberías se desprecia las pérdidas menores ya que el resultado sería insignificante en comparación con las demás variables.

La carga total de la bomba se denota con h_a , pero algunos fabricantes de bombas se refieren a dicha carga como carga dinámica total o TDH.

La h_a (TDH) se define como:

$$h_a = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_L$$

Los valores de cada una de las variables son:

$$Q = 500l/h = 0.0001388m^3/s$$

$$p_1 = 0$$

$$p_2 = 30psi = 217.16kPa$$

$$\gamma = 9.79kN/m^3$$

$$h_L = \text{despreciable}$$

$$v_1 = 0$$

$$v_2 = \frac{Q}{A} = \frac{0.0001388m^3/s}{0.0001267m^2} = 1.1m/s$$

$$z_2 - z_1 = 0.7m$$

$$h_a = \frac{217.16kPa - 0}{9.79kN/m^3} + 0.7m + \frac{(1.1m/s)^2 - 0}{2(9.81m/s^2)} + 0$$

$$h_a = 22.18 + 0.7m + 0.0616m + 0$$

$$h_a = \mathbf{22.94m}$$

Los fabricantes de bombas definen el término $NPSH_R$ como carga de succión positiva neta requerida. Para que el funcionamiento de la bomba sea el correcto, se introduce el término $NPSH_A$ que significa: carga de succión positiva neta disponible; y se recomienda que esta carga debe ser un 10% mayor a la carga de succión neta disponible:

$$NPSH_A > 1.10 NPSH_R$$

El valor de $NPSH_A$ se calcula con la siguiente expresión:

$$NPSH_A = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp}$$

dónde:

h_{sp} = carga de presión estática sobre el fluido en el depósito.

$$h_{sp} = p_{sp}/\gamma$$

p_{sp} = presión estática absoluta sobre el fluido en el depósito.

h_s = diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito a la línea de entrada de succión de la bomba.

h_f = pérdida de carga en la tubería de succión debido a la fricción y pérdidas menores.

h_{vp} = carga de presión de vapor del líquido a temperatura ambiente.

$$h_{vp} = p_{vp}/\gamma$$

Entonces para la obtención del $NPSH_A$ se tienen los siguientes datos del sistema:

Agua a 17°C: $\gamma = 9.79kN/m^3$ (ver Anexo 2)

$$h_{vp} = \mathbf{0.20475m}$$
 (ver Anexo 2)

$$h_s = \mathbf{0.4m}$$

p_{abs} = presión atmosférica + presión manométrica en el tanque

$$p_{abs} = 101.34kPa + 0kPa = 101.34kPa = p_{sp}$$

$$h_{sp} = \frac{p_{sp}}{\gamma}$$

$$h_{sp} = \frac{101.34kPa}{9.79kN/m^3}$$

$$\mathbf{h_{sp} = 10.35m}$$

$$h_f = \text{despreciable}$$

$$NPSH_A = 10.35m + 0.4m - 0 - 0.20475m$$

$$\mathbf{NPSH_A = 10.95m}$$

$$NPSH_R < \frac{NPSH_A}{1.10}$$

$$NPSH_R < \frac{10.95m}{1.10}$$

$$\mathbf{NPSH_R < 9.95m}$$

Las características del sistema hidroneumático son: Un tanque de presión, un presóstato y una bomba centrífuga de 0.4 hp que tiene una carga total de 24m, siendo la más pequeña existente en el mercado.

La bomba entrega un caudal de 40L/min el cual es suficiente para abastecer al sistema, ya que en comparación con un dosificador industrial que produce alrededor de 1000 botellas por hora.

Para permitir el paso del fluido se implementa una electroválvula de líquidos de ½ pulgada, dicha electroválvula resulta factible implementarla por su facilidad de acoplamiento a la mayoría de conexiones.

De la tabla 4.2, el sistema para el posicionamiento de embotellado se lo realiza de manera apropiada mediante el uso de sistemas neumáticos:

La fuerza para el cálculo de los cilindros neumáticos es de 5.63N por el peso debido a los elementos de la boquilla de dosificación, el diámetro del émbolo es 25mm y el diámetro del vástago es de 10mm, entonces:

$$F_{req} = 5.63N$$

$$D = 25mm$$

$$d = 10mm$$

Como el cilindro es de doble efecto se tiene que tomar en cuenta que el área efectiva que ejerce la presión del cilindro es:

$$A = \frac{\pi(D - d)^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(0.025m - 0.01m)^2}{4}$$

$$A = 0.000177m^2$$

El cilindro funciona con una presión de 4 bar, que equivale a 400kPa, entonces la fuerza que puede realizar el cilindro es:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = \frac{P}{A}$$

$$F = 400kPa(0.000177m^2)$$

$$F = 70.69N$$

Siendo suficiente el cilindro de doble efecto de 10mm de diámetro del vástago con émbolo de diámetro de 25mm:

$$F_{req} = 5.63N < 70.69N$$

Entonces se establece un par de cilindros de doble efecto con un diámetro de vástago de 10mm, que servirá para el posicionamiento de las boquillas, con una presión de funcionamiento de 4bar.

Para el correcto funcionamiento del sistema de posicionamiento de embotellado se tiene que implementar una electroválvula de 5/2 que controlará el comportamiento de los cilindros.

6.6.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

La siguiente configuración estructural soportará el peso del sistema hidroneumático de presión y las boquillas de dosificación:

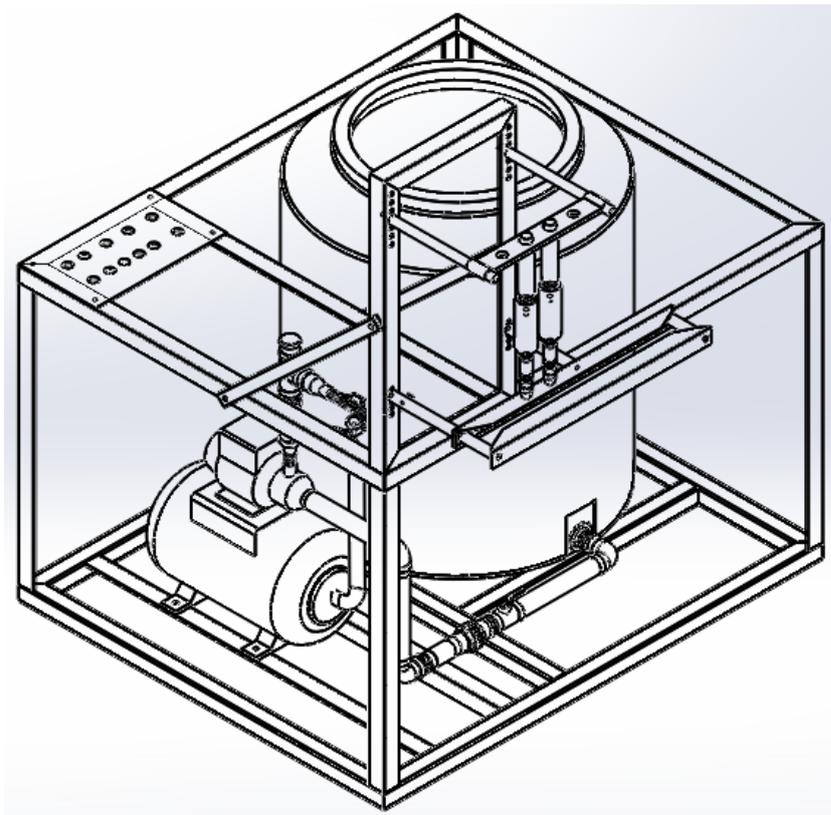


Figura 6.1 Esquema del sistema de dosificador de líquidos
Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa.

La estructura en donde se encuentra apoyado el tanque de almacenamiento está representado con el siguiente esquema:

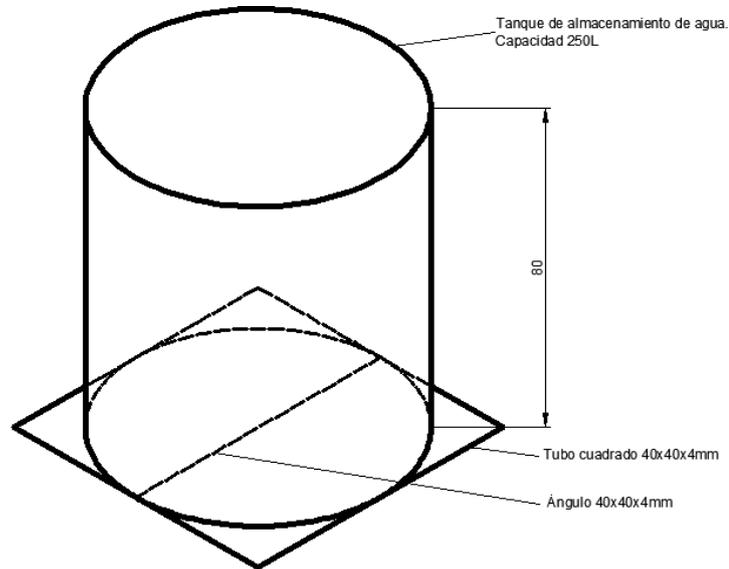


Figura 6.2 Esquema de la base del tanque de almacenamiento.
Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa.

La base que soporta el tanque de almacenamiento de 250L de agua está conformado por un cuadro de tubería cuadrada de 40x40x4mm de acero A36, además en la mitad del cuadro está ubicado transversalmente un perfil el cual es el crítico.

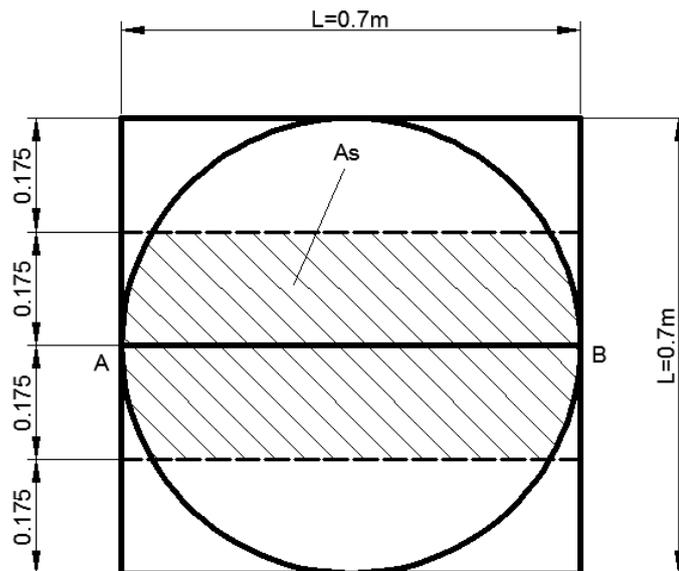


Figura 6.3 Área de aplicación del peso del tanque de almacenamiento.
Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa.

En la figura 6.3 se puede observar que el área en donde actúa el peso del agua es aproximadamente un área rectangular que se tomará de esa manera para simplificar y asegurar el cálculo.

El peso producido por el agua en el área de la figura 6.3 será:

$$P = \gamma_{agua} \cdot V$$

dónde: V es el volumen que actúa sobre el área del perfil

γ_{agua} es el peso específico del agua

Para el volumen:

$$V = A_s \cdot h_T$$

dónde: A_s es el área que soporta el peso del agua

h_T es la altura del tanque

RESOLUCIÓN:

Datos:

$$\gamma_{agua} = 9.8kN/m^3$$

$$h_T = 0.8m$$

$$V = A_s \cdot h_T$$

$$V = (0.70m)(0.35m)(0.80m)$$

$$V = 0.196m^3$$

$$P = \gamma_{agua} \cdot V$$

$$P = (9.8kN/m^3)(0.196m^3)$$

$$\mathbf{P = 1.9208kN}$$

Además de soportar el peso del agua se debe añadir una carga producida debido a que una persona puede subirse al tanque para realizar alguna operación de mantenimiento, incluyendo un factor de diseño para la carga.

Entonces el peso de diseño será el siguiente:

$$P_d = (P + P_p)n_d$$

dónde: P es el peso producido por el agua

P_p es el peso de una persona

n_d es el factor de diseño

RESOLUCIÓN:

Datos:

$$P = 1.9208kN$$

$$P_p = 200lb = 889.64N$$

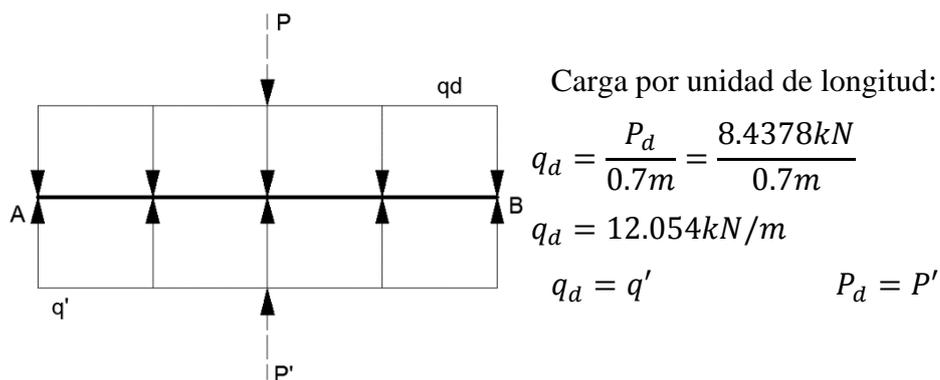
$$n_d = 3$$

$$P_d = (P + P_p)n_d$$

$$P_d = (1.9208kN + 0.88964)3$$

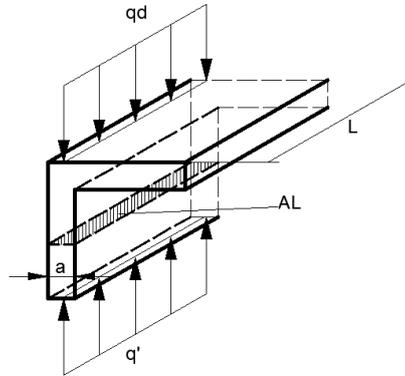
$$P_d = 8.43132kN$$

El diagrama de cuerpo libre para el perfil, así como el cálculo es el siguiente:



Debido a que el perfil se encuentra en contacto con el suelo en toda su longitud, la reacción también será una carga distribuida de igual valor que la carga distribuida de diseño.

De acuerdo a lo indicado anteriormente el perfil seleccionado por motivos de factibilidad y espacio para elementos de sujeción es un ángulo de 40x40x4mm y que está sometido a un esfuerzo de compresión en el área A_L :



$$\sigma_c = \frac{P_d}{A_L}$$

$$\sigma_c = \frac{8.4378kN}{(0.7m)(0.004m)}$$

$$\sigma_c = 3013.5kPa$$

$$\sigma_c = 437.07psi$$

Para el acero A36 se tiene:

$$S_y = 36000psi$$

Comparando con el esfuerzo de compresión σ_c con el esfuerzo de fluencia:

$$437.07psi < 36000psi$$

$$\sigma_c < S_y$$

El ángulo seleccionado es adecuado, además de permitir una fácil ubicación de los elemento de sujeción y accesorios en toda la estructura.

También se tiene los perfiles angulares de 40x40x4mm que sirven de soporte del sistema de presión del líquido debido a la uniformidad requerida en toda la constitución de la estructura.

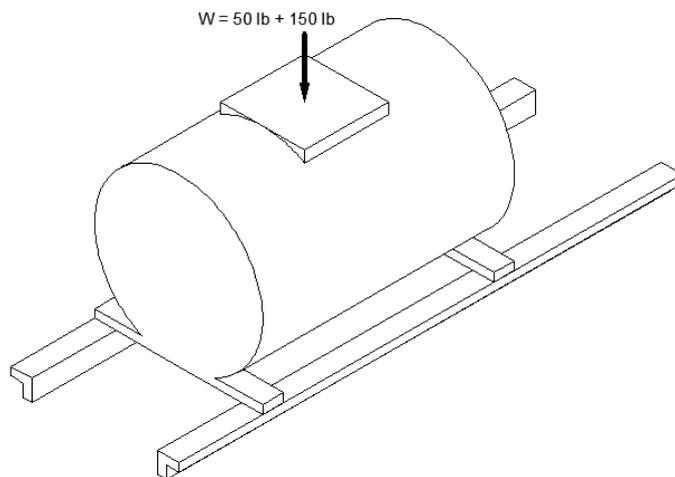


Figura 6.4 Esquema del sistema de presión del líquido.
Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa.

El peso del sistema de presión es de 50 lb adicionando 150 lb debido a que una persona puede subir al sistema para realizar operaciones de mantenimiento. Además se incluye un factor de diseño a la carga total. Como los dos perfiles se encuentran en las mismas condiciones de carga bastará solamente verificar un solo perfil.

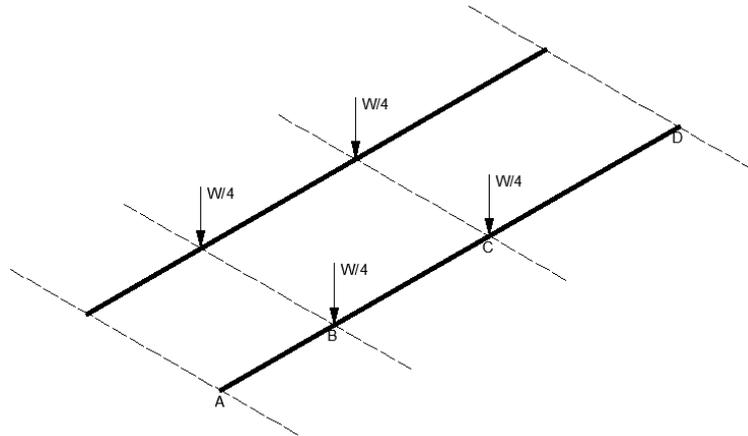


Figura 6.5 Esquema de la condición de carga del sistema de presión del líquido.

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa.

Los perfiles se encuentran en contacto con el suelo, debido a eso la reacción es una carga distribuida pero en forma trapezoidal porque las condiciones de carga no son simétricas y realiza mayor esfuerzo en uno de sus extremos. El diagrama de cuerpo libre resulta de la siguiente manera:

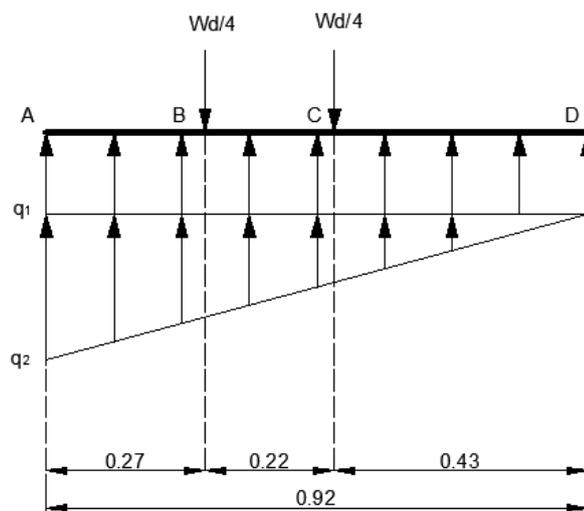
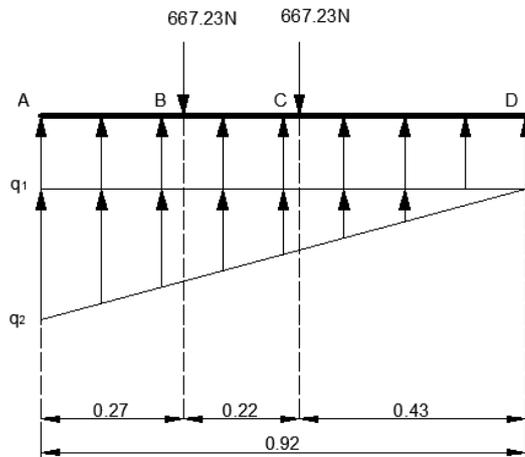


Figura 6.6 Diagrama de cuerpo libre del sistema de presión del líquido.

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa.

RESOLUCIÓN:



Datos:

$$W = 200lb = 889.64N$$

$$n_d = 3; \text{ factor de diseño}$$

Peso de diseño:

$$W_d = W \cdot n_d$$

$$W_d = (889.64N)(3)$$

$$W_d = 2668.92N$$

Para hallar los valores de las cargas distribuidas q_1 y q_2 se realiza la sumatoria de fuerzas y momentos:

$$\curvearrowright \Sigma MA = 0$$

$$q_1(0.92) \left(\frac{0.92}{2} \right) + q_2 \left(\frac{0.92}{2} \right) \left(\frac{0.92}{3} \right) - 667.23(0.22) - 667.23(0.49) = 0$$

$$\mathbf{0.4232q_1 + 0.1411q_2 = 473.73 \text{ (Ecuación 6.1)}}$$

$$\uparrow \Sigma Fy = 0$$

$$q_1(0.92) + q_2 \left(\frac{0.92}{2} \right) - 667.23 - 667.23 = 0$$

$$\mathbf{0.92q_1 + 0.46q_2 = 1334.46 \text{ (Ecuación 6.2)}}$$

Con las ecuaciones 6.1 y 6.2 obtenemos el siguiente sistema lineal de dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$0.4232q_1 + 0.1411q_2 = 473.73$$

$$0.92q_1 + 0.46q_2 = 1334.46$$

Para resolver el sistema indicado anteriormente la ecuación 6.1 se divide para 0.4232 y la ecuación 6.2 se divide para -0.92, obteniendo el siguiente sistema equivalente:

$$q_1 + 0.334q_2 = 1119.4$$

$$\underline{-q_1 - 0.46q_2 = -1450.5}$$

$$-0.1666q_2 = -331.1$$

$$q_2 = \frac{-331.1}{-0.1666}$$

$$q_2 = 1987.39 \text{ N/m}$$

Reemplazando q_2 en la ecuación 6.2:

$$0.92q_1 + 0.46q_2 = 1334.46$$

$$q_1 = \frac{1334.46 - 0.46q_2}{0.92}$$

$$q_1 = \frac{1334.46 - 0.46(1987.39)}{0.92}$$

$$q_1 = 456.81 \text{ N/m}$$

En los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante se obtuvieron los siguientes resultados:

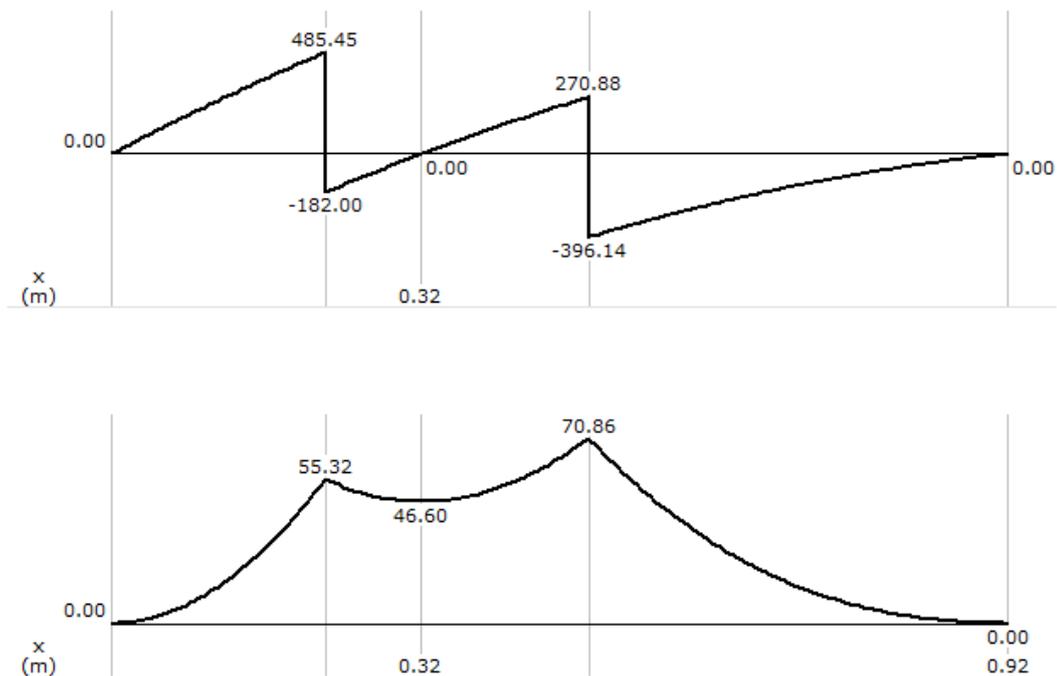


Figura 6.7 Diagramas de fuerza cortante y momento flexionante.

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa.

En la figura 6.7 se puede observar que el momento flector máximo es de 70.86 Nm, para verificar el perfil se utiliza la siguiente expresión:

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot c}{I}$$

dónde: M es el momento flector máximo
c es la distancia desde el eje neutro hasta el punto más alejado
I es el momento de inercia

Del anexo 1 se obtienen los valores de I y c:

$$I = 4.47 \text{ cm}^4 = 4.47 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$c = 1.12 \text{ cm} = 0.0112 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$\sigma_{max} = \frac{(70.86 \text{ Nm})(0.0112 \text{ m})}{4.46 \times 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_{max} = 17794439.46 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{max} = 17794.44 \text{ kPa} = 2580.88 \text{ psi}$$

Para el acero A36 se tiene:

$$S_y = 36000 \text{ psi}$$

Comparando con el esfuerzo máximo σ_{max} con el esfuerzo de fluencia:

$$2580.88 \text{ psi} < 36000 \text{ psi}$$

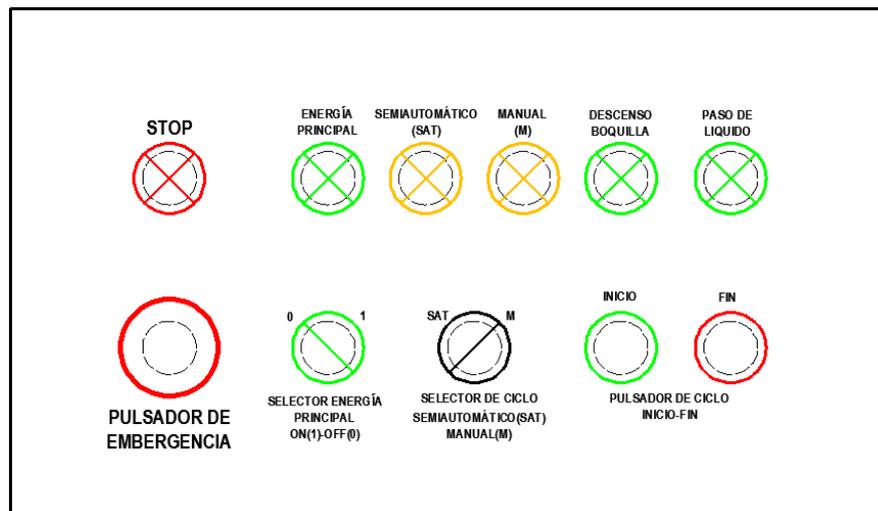
$$\sigma_{max} < S_y$$

6.6.3 SELECCIÓN DEL PLC Y SU PROGRAMACIÓN

6.6.3.1 SELECCIÓN DEL PLC

En la selección del PLC (Controlador Lógico Programable) se tomó en cuenta las entradas y salidas necesarias para la conformación del sistema.

A continuación se presenta el tablero requerido para el control del proceso de llenado:



Se tienen los siguientes elementos:

- Un pulsador de emergencia, para detener el proceso de llenado inmediatamente si llegara a suceder algún accidente o funcionamiento incorrecto del proceso. La función del pulsador de emergencia es cortar la fuente de energía principal del sistema dejando inmovilizado al prototipo.
- Un interruptor de energía principal, para suministrar energía principal al sistema.
- Un selector de ciclo semiautomático-manual, para establecer el ciclo automático que controlará al sistema de forma autónoma mediante un ciclo repetitivo hasta presionar el botón de fin de ciclo; el ciclo manual en cambio permite controlar las electroválvulas que comandan los cilindros neumáticos y el paso del líquido, mediante el pulsador inicio se controlará

el posicionamiento de las boquillas y el pulsador de fin controlará la apertura y cierre de la electroválvula del líquido.

- Un pulsador verde de inicio de ciclo
- Un pulsador rojo de fin de ciclo
- Una luz piloto roja que indica si el sistema se encuentra detenido mediante el pulsador de emergencia.
- Una luz piloto verde para indicar la existencia de la energía principal.
- Dos luces piloto amarillas indicando si el proceso se encuentra en ciclo automático o manual.
- Dos luces piloto verdes indicando si está en funcionamiento el descenso de boquillas o el paso de líquido.

Entonces el requerimiento para el PLC será 3 entradas para el funcionamiento del selector de ciclo y los pulsadores de inicio y fin de ciclo. En cuanto a salidas se requerirán 3 para comandar al indicador de ciclo semiautomático-manual, la electroválvula de los cilindros neumáticos y la electroválvula del paso de líquido.

Con los requerimientos enunciados se selecciona un PLC FL-010 que cumple y supera los requerimientos establecidos, además se recalca la necesidad de una fuente de 24VDC.

6.6.3.2 PROGRAMACIÓN DEL PLC

Para la programación hay que definir los dos ciclos de funcionamiento del sistema de dosificación:

- Ciclo semiautomático
- Ciclo manual

CICLO SEMIAUTOMÁTICO:

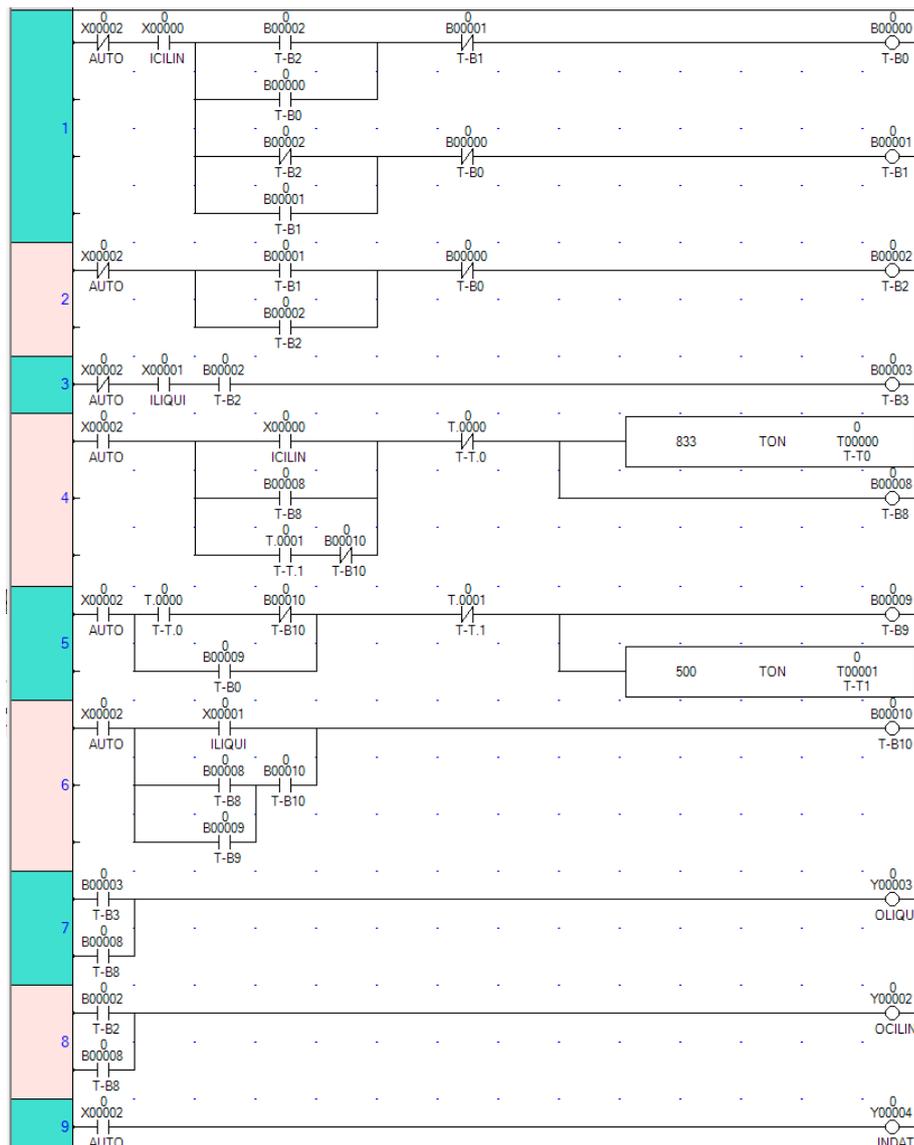
Mediante este ciclo se controlará la máquina de forma autónoma, arrancando el ciclo con el pulsador de inicio para comenzar con el proceso. El prototipo empezará el ciclo de manera continua y repetitiva hasta que se presione el

pulsador de fin de ciclo, el cual detendrá el proceso finalizando el llenado de las botellas que se encuentren en ese momento para no dejar el dosificado incompleto.

CICLO MANUAL:

Mediante el ciclo manual el proceso se controlara con los pulsadores inicio y fin, comandando el posicionamiento y el paso del líquido respectivamente. Por cuestiones de seguridad, el pulsador de fin que abre el paso del líquido estará bloqueado mientras no se accione el pulsador de inicio que posiciona las boquillas dentro de las botellas.

La programación se la realizó en un mismo bloque, el cual se indica a continuación:



6.6.4 GUÍA DE PRÁCTICA

Para la realización de la práctica anteriormente se estableció formato de la guía de práctica, el cual se realizará en base a la siguiente primera práctica:

6.4.4.1 DATOS INFORMATIVOS:

Nombre: Egdo. Pablo Sarzosa

Semestre:

Informe N°: 001

Fecha de realización: 20 de Marzo del 2013

Fecha de entrega: 22 de Marzo del 2013

6.4.4.2 TEMA: “Práctica llenado de botellas y determinación del tiempo de dosificación”

6.4.4.3 OBJETIVOS

- Realizar la práctica de llenado de botellas
- Determinar el tiempo de llenado para una posterior implementación en el PLC.
- Establecer los parámetros de producción y caudal del sistema.

6.4.4.4 EQUIPOS Y MATERIALES:

- Prototipo de llenado
- Compresor o fuente de aire comprimido
- Fuente de alimentación de agua
- Conexión de energía a 110V
- Cronómetro
- Mínimo 2 botellas de 500 cm³

6.4.4.5 MARCO TEÓRICO:

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN

El llenado de botellas es una de las principales operaciones de envasado de productos líquidos en la industria. El esquema del proceso y su complejidad, varían en función del tipo de producto a dosificar, la capacidad productiva de la industria, el tipo de envase, además de muchos otros factores. A continuación se incluye información relativa al proceso de dosificación en el cual daremos unas ideas sobre los procesos anteriores al dosificado.

DOSIFICACIÓN

Las botellas ingresan hacia los dosificadores de líquidos con ayuda de las bandas transportadoras, donde el producto se vierte a la velocidad y niveles escogidos por el operador del sistema. En esta etapa, dependiendo de las características del producto, se emplea diversos sistemas de dosificación, como por ejemplo: por presión, isobáricas, a vacío, por peso, de pistón, lineal, rotativa, monoblock, syncroblock, uniblock, etc. Para productos especiales se incorpora además un sistema de inclusión de CO₂ o N₂.



Figura 6.8 Dosificación de líquidos.

[fuente: http://www.norlandintl.com/spanish/filler_sp.htm]

6.4.4.6 PROCEDIMIENTO:

1. Verificar el estado del prototipo así como la fuente de alimentación de energía, aire comprimido y líquido.

2. Observar en el tablero si el indicador de energía principal está encendido.
3. Girar el interruptor de energía principal para suministrar a todo el sistema de control y potencia.
4. Ubicar el selector de ciclo en MANUAL para realizar la práctica de llenado manualmente con los pulsadores de INICIO y FIN de ciclo.
5. Ubicar 2 botellas en el riel de botellas debajo de las boquillas.
6. Presionar el botón INICIO que controlará la posición de las boquillas, en este caso las boquillas descenderán.
7. Presionar y mantener presionado el botón FIN de ciclo que controlará el paso de fluido, en este caso mantenemos presionado hasta que el fluido llene la botella.
8. Medir el tiempo de llenado con un cronómetro y tabular los datos obtenidos.
9. Repetir todo el proceso desde el principio hasta obtener un grupo de datos significativos.

6.4.4.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

De la práctica de llenado anterior, se realizaron 50 pruebas de llenado para las aperturas de la válvula de globo de $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ de apertura se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 6.1 PRUEBAS DE LLENADO

PRUEBAS DE LLENADO		
PRUEBA N°	Tiempo de llenado en segundos (2 botellas)	
	APERTURA DE LA VÁLVULA	
	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$
1	10.69	5.32
2	10.61	5.49
3	7.48	4.44
4	7.93	4.60
5	8.46	4.35
6	8.98	5.04
7	9.33	5.38
8	9.95	5.62
9	7.36	6.03

10	7.64	3.80
11	8.63	4.34
12	9.11	4.79
13	9.95	4.95
14	9.83	5.09
15	7.79	3.90
16	8.44	3.96
17	9.13	4.46
18	9.67	4.87
19	10.27	5.31
20	9.35	5.90
21	7.69	3.96
22	7.56	4.26
23	7.89	4.76
24	9.18	5.09
25	9.44	5.42
26	10.11	5.59
27	9.17	4.54
28	7.49	4.70
29	8.37	4.45
30	8.54	5.14
31	9.49	5.48
32	10.51	5.72
33	9.35	6.13
34	7.87	3.90
35	8.39	4.44
36	8.96	4.89
37	10.02	5.05
38	10.85	4.99
39	7.79	3.80
40	8.13	3.86
41	8.40	4.36
42	8.90	4.77
43	8.88	5.21
44	9.18	5.80
45	10.00	3.86
46	7.09	4.16
47	7.72	4.66
48	8.24	4.99
49	8.64	5.01
50	9.04	5.20
Tiempo promedio	8.83	4.84

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa

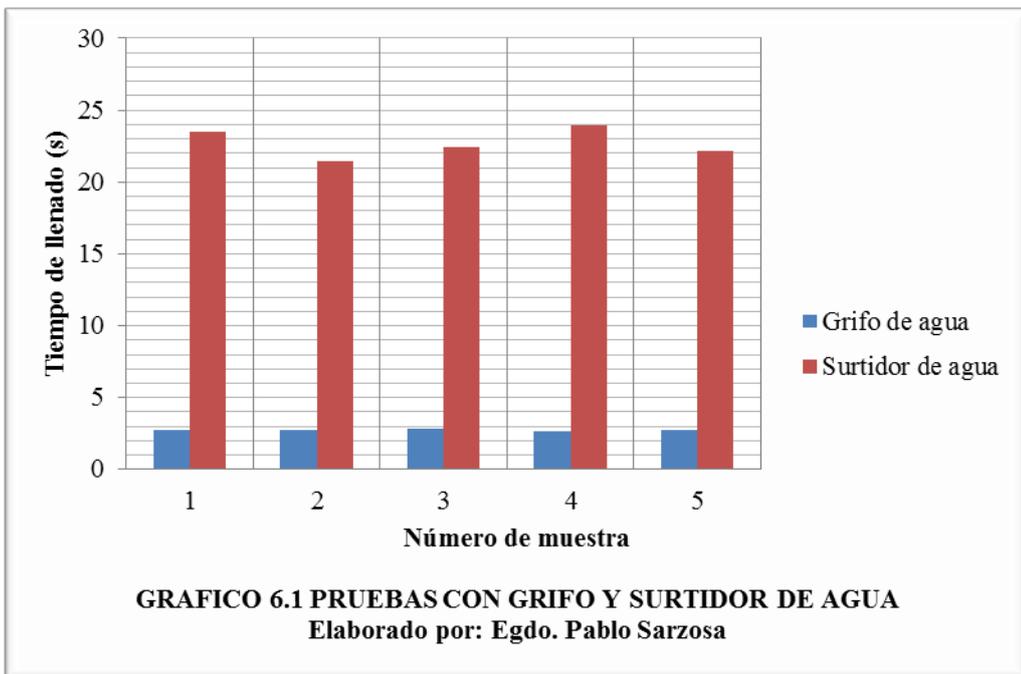
Cabe recalcar que para las pruebas de llenado no se tomaron en cuenta las aperturas de $\frac{3}{4}$ y completamente abierta, el motivo fue que la presión del sistema hace que se produzcan burbujas en el interior de la botella, razón por la cual se desbordó líquido impidiendo el llenado completo de la botella.

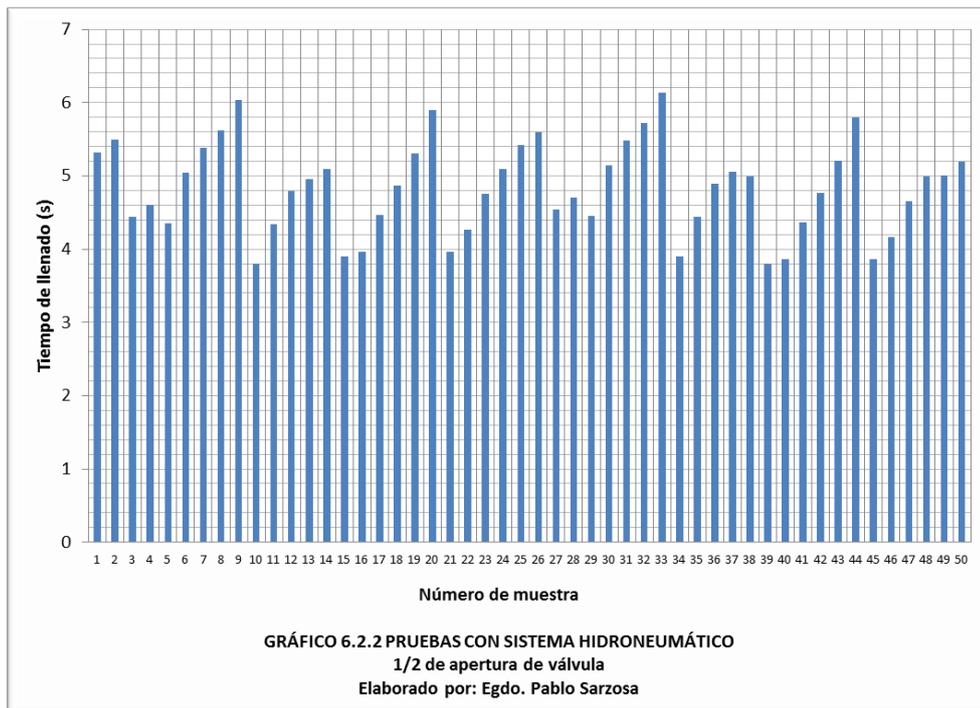
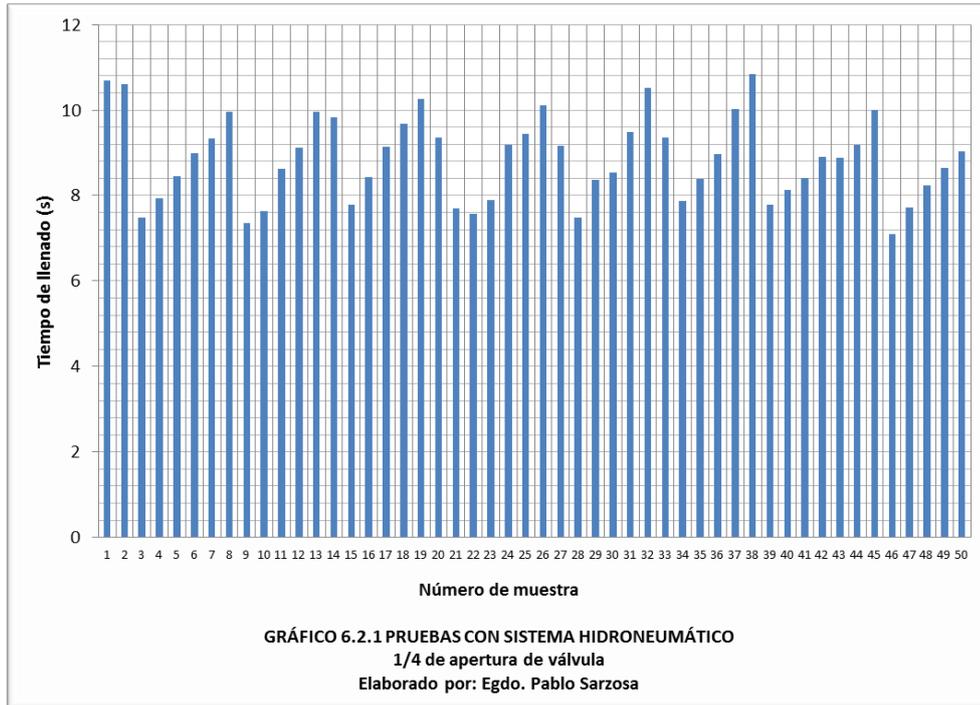
A continuación se muestra una tabulación de datos realizados en otros tipos de boquillas para posteriormente realizar una comparación.

TABLA 6.2 PRUEBAS CON GRIFO Y SURTIDOR DE AGUA

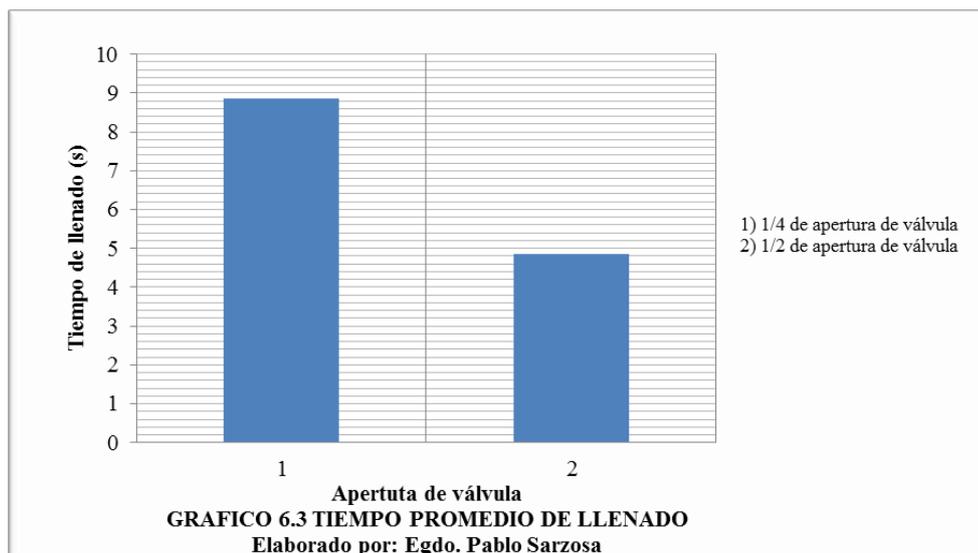
PRUEBAS CON GRIFO Y SURTIDOR DE AGUA						
Boquilla \ Prueba N°	Tiempo en segundos					Promedio en segundos
	1	2	3	4	5	
Grifo de agua	2,75	2,79	2,85	2,69	2,76	2,77
Surtidor de agua	23,51	21,41	22,43	23,94	22,12	22,68

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa





En las tablas 6.1 y 6.2 y gráficos 6.1, 6.2.1 y 6.2.2 anteriores hay que señalar que el llenado se lo realizó para dos botellas a la vez con una boquilla en cada salida de 6.35mm de diámetro interior.



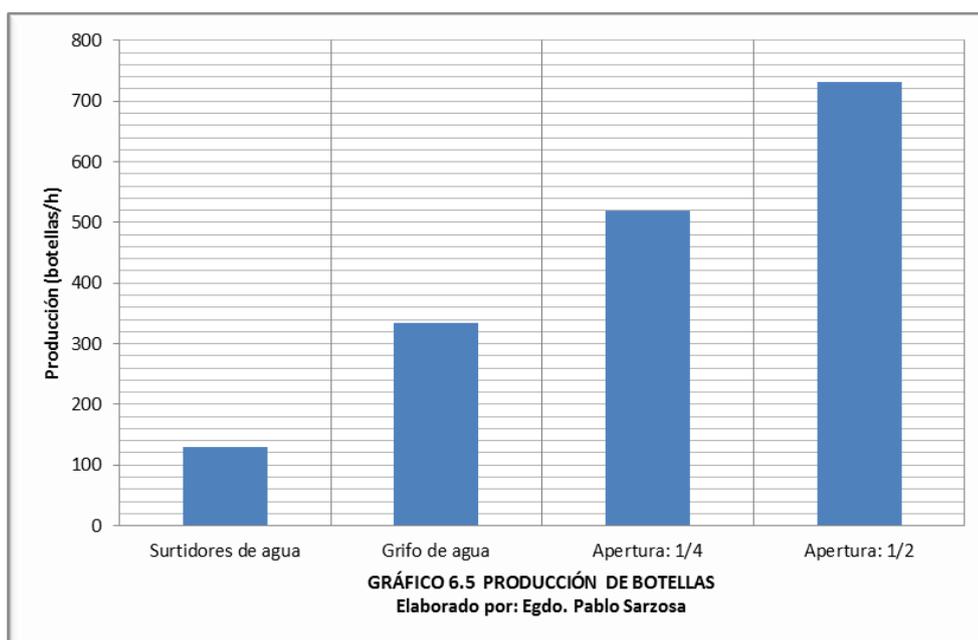
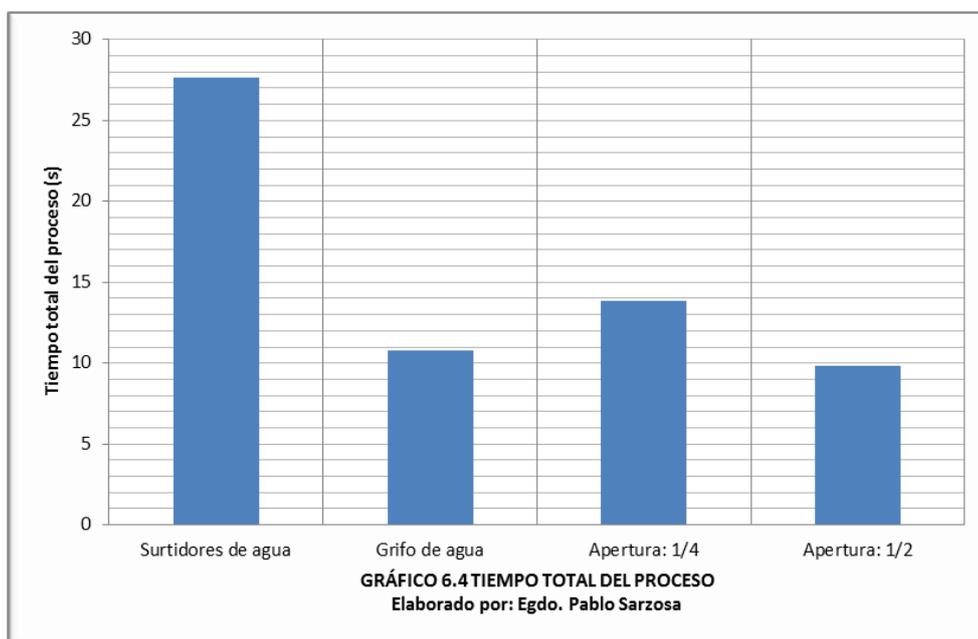
A continuación se muestra una tabla de comparación en donde se analizará el proceso de llenado mediante los distintos tipos de boquilla, en donde se adicionará un tiempo de manipulación de botellas después del llenado debido al cierre del paso de líquido y ubicación de la botella llena, el tiempo será de 5 segundos en el sistema hidroneumático, 5 segundos en el surtidor de agua y 8 segundos en el grifo de agua.

Para calcular la producción total de botellas por hora se tomará el tiempo de llenado adicionando el tiempo de manipulación de botellas, luego se calcula mediante proporcionalidad mediante la relación de 3600 segundos con el tiempo total del proceso.

Tabla 6.3 COMPARACIÓN ENTRE LAS DISTINTAS PRUEBAS DE LAS BOQUILLAS

COMPARACIÓN ENTRE LAS DISTINTAS PRUEBAS DE LAS BOQUILLAS							
Tipo de Boquilla	Volumen (cm ³)	Tiempo de Llenado (s)	Tiempo de manipulación	Tiempo Total del Proceso (s)	Caudal (m ³ /s)	Producción botellas/h	
Surtidores de agua	500	22.68	5	27.68	0.000022	130	
Llave de agua	500	2.77	8	10.77	0.000181	334	
Sistema hidroneumático boquilla de 6.35mm	Apertura: 1/4	500x2	8.87	5	13.87	0.000113	519
	Apertura: 1/2	500x2	4.84	5	9.84	0.000207	731

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa



En la tabla 6.3 y en los gráficos 6.4 y 6.5 se muestran los resultados de las pruebas efectuadas en donde el llenado se realiza de mejor manera y de forma más eficiente en el sistema hidroneumático en conjunción con las dos boquillas, existiendo una diferencia en la producción significativa y mucho mayor con

respecto a los otros sistemas sin pérdidas de tiempo en el llenado por apertura y cierre.

Según el catálogo de dosificadores², una máquina llenadora de líquidos produce 1000 botellas por hora, comparado con el valor máximo de la producción de 753 botellas por hora del prototipo construido, indica que el prototipo produce el 75.3% de lo que una máquina de producción industrial generaría. Dicho valor de producción es aceptable para realización de prácticas en el laboratorio de sistemas de medición y control industrial de la facultad de Ingeniería Mecánica.

6.4.4.8 CONCLUSIONES:

- Se determinó un tiempo de llenado adecuado de 8.87 segundos con una apertura de $\frac{1}{4}$ de la válvula de globo y para $\frac{1}{2}$ de apertura el tiempo adecuado es de 4.84 segundos, además el tiempo de manipulación es de 5 segundos en cada prueba; estos datos obtenidos servirán para una posterior implementación en la programación del PLC para el ciclo semiautomático
- La producción de botellas con el prototipo es de 519 a 731 botellas por hora que en comparación con una máquina de producción industrial que produce 1000 botellas por hora representa el 73.1%, valor aceptable tomando en cuenta que la finalidad del prototipo es realizar prácticas de llenado.
- No se puede realizar una comparación con el caudal de dosificado ya que como el llenado se lo realiza a 2 botellas a la vez el valor significativo es la producción y el tiempo de llenado.

6.4.4.9 RECOMENDACIONES:

- Para la recolección de datos la práctica se debe realizar entre dos personas, la primera se encarga de accionar los botones y pulsadores, y la otra persona está destinada a tomar el tiempo que dura el proceso de llenado.

² <http://www.indupaksa.com/>

- Después de cada práctica limpiar adecuadamente el prototipo para mantener y preservar el estado del mismo.
- Mantener precaución con los elementos móviles del prototipo para evitar accidentes en la realización de la práctica.

6.4.4.10 BIBLIOGRAFÍA:

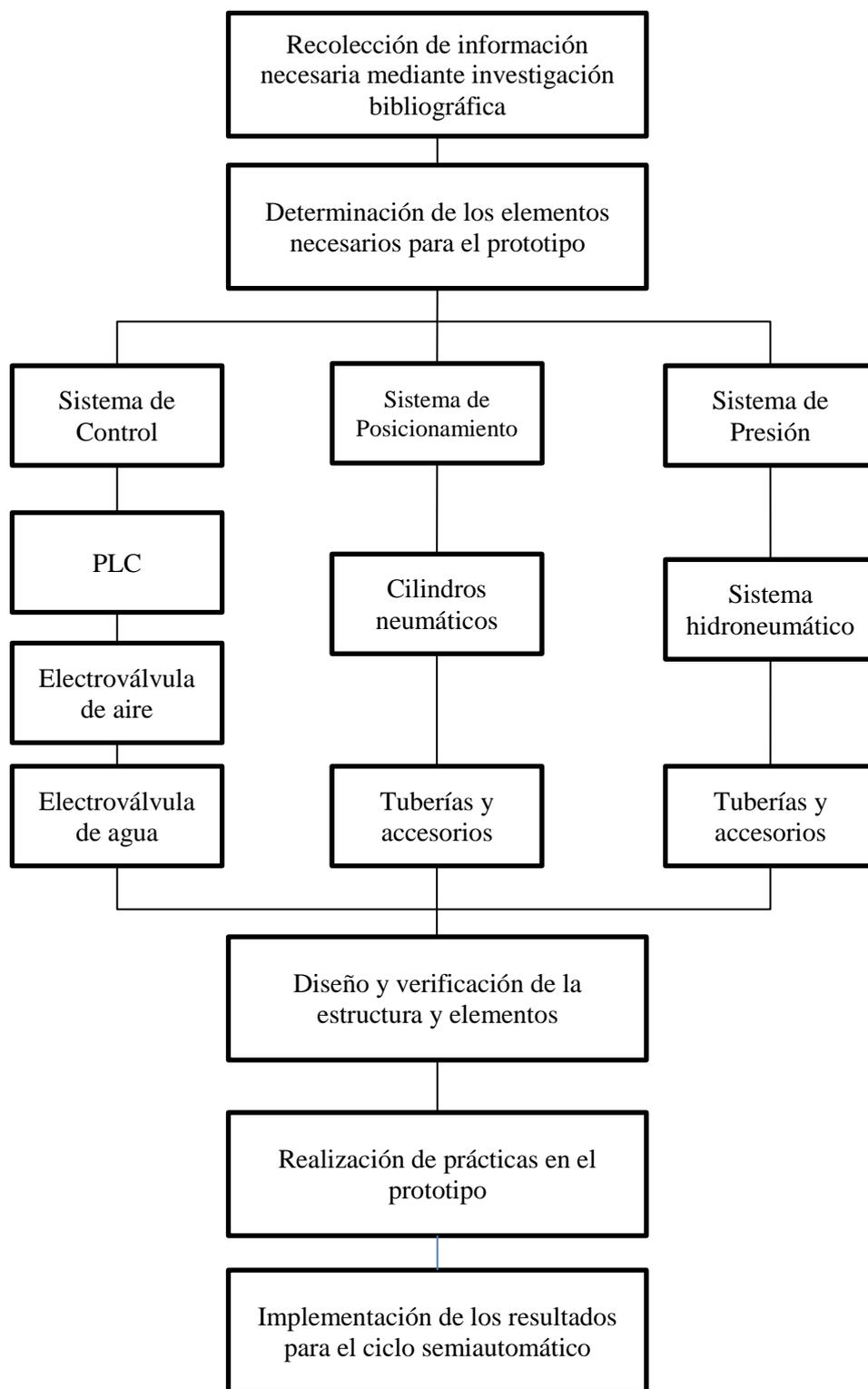
MOTT Robert. (2003). “*Mecánica de Fluidos*”, Sexta edición, Impreso en México.

<http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/9989/1/T11782.pdf>

http://usuarios.multimania.es/automatica/temas/tema2/pags/la_1c/la.htm

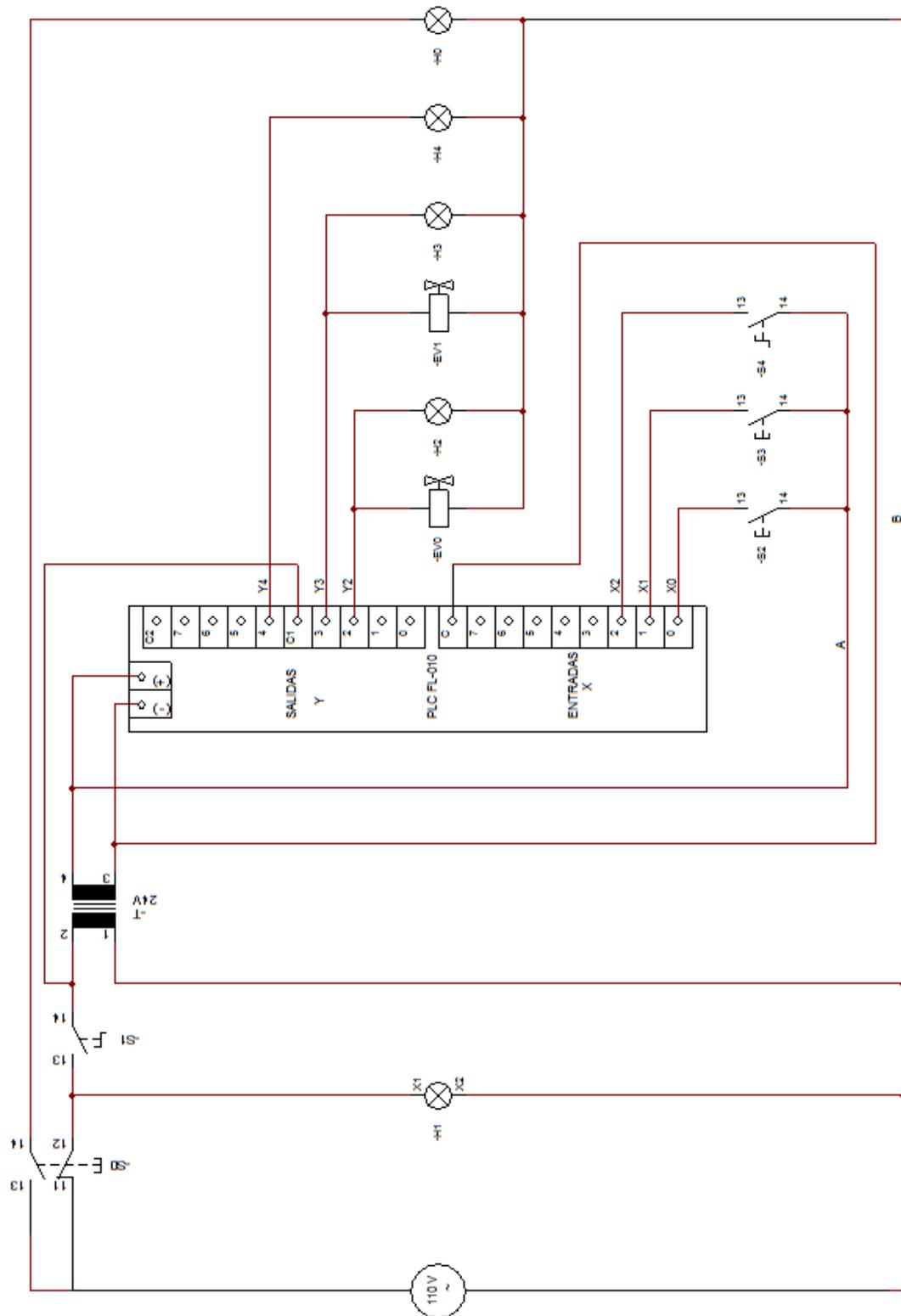
6.7 METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO

6.7.1 ETAPAS: Para la construcción del prototipo de dosificación de líquidos se establecieron las siguientes etapas:



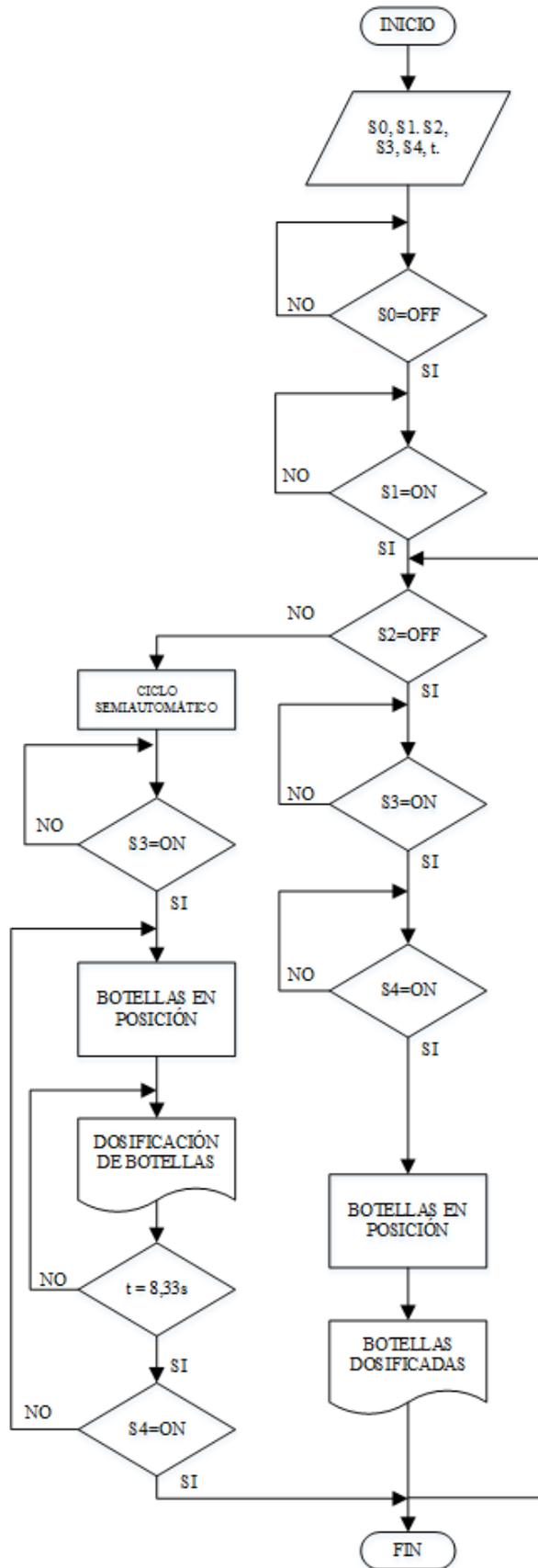
6.7.2 DIAGRAMA DE CONTROL Y MONTAJE

GRÁFICO 6.6 DIAGRAMA DE CONTROL Y MONTAJE



Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa

6.7.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



6.8 ADMINISTRACIÓN

En esta sección se presentan los costos de los materiales y accesorios utilizados en la construcción del prototipo.

TABLA 6.4 COSTOS

CANTIDAD	RUBROS	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Bushing 1x1/2 plmx	0.79	0.79
1	Bushing 1x1/2* 3/4 polimex	0.17	0.17
7	Cinta teflon germani rojo	0.31	2.17
2	Codo R/R 90*1 plmx	1.39	2.78
2	Codo R/R 90x1/2 plmx	0.42	0.84
1	Conect tanque 1 plmx	3.99	3.99
1	Hidroneumático saer 0.5 HP	170.00	170.00
1	Neplo 10cm* 1plmx	15.00	15.00
2	Neplo 10cm x1/2 plmx	0.30	0.60
1	Neplo 20cm * 1 pvc-r	1.80	1.80
3	Neplo bcm * 1 r/r plmx	0.22	0.66
2	Neplo bcm * 1/2 r/r plmx	0.20	0.40
1	Neplo manguera m 1/2 b-3	1.50	1.50
1	Sellador polimex 50cc	4.78	4.78
1	Tanque reserva 250lts tipo botella	53.57	53.57
1	Tapón macho 1 galv	0.35	0.35
1	Tee r/r 1 plmx	1.47	1.47
1	Tee r/r 1/2 plmx	0.53	0.53
1	Tramo 50cm*1/2 pvc-r	1.50	1.50
1	Universal r/r 1 plmx	6.50	6.50
1	Universal r/r 1/2 plmx	0.87	0.87
1	Valv globo pegler 1/2	6.38	6.38
1	Valvula chek vertical 1 bugaty	8.40	8.40
1	Valvula flotadora 1/2 italy	6.43	6.43
1	Valvula globo 1	12.16	12.16
1	Gabinete metálico 25x25x10 beaucoup	12.46	12.46
1	Riel din perforado	2.15	2.15
8	Tope de borde	0.18	1.44
50	Barra para nuetro o tierra 6x8x1 mt	0.24	12.00
10	Cable flexible tff 18 c/inst . Cablec	0.16	1.60
1	Pulsador hongo cnc	2.23	2.23
2	Pulsador rojo y verde	2.05	4.10

2	Luz piloto sassin 110v verde	1.12	2.24
1	Luz piloto sassin 110v amarillo	1.12	1.12
2	Canaletas de 6m de longitud	4.50	9.00
2	Cilindro doble efecto d=10mm	250.00	500.00
1	Electroválvula de líquidos d=0.5in	375.50	375.50
3	6m de tubería cuadrada 40x40x4mm	28.00	84.00
2	6m de ángulo 40x40x4mm	17.00	34.00
3	6m de tubería de aire d=6mm	15.00	45.00
1	unidad de mantenimiento	55.00	55.00
1	Electroválvula retorno resorte 5-2 d=6mm	120.00	120.00
1	PLC FL-010	320.00	320.00
2	Válvulas de estrangulamiento d=6mm	14.00	28.00
1	Galón de pintura sintética azul	12.00	12.00
10	Electrodos 6011	1.50	15.00
1	500mm Acero inoxidable 304	60.00	60.00
		TOTAL	2000.48

Elaborado por: Egdo. Pablo Sarzosa

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

El presente prototipo presenta muchas funcionalidades y características pero también es posible optimizar su operación y funcionamiento para incrementar la eficiencia del proceso, aumentando su producción y calidad del resultado final, todo esto sería posible mediante las siguientes mejoras propuestas a continuación:

- Adicionar un par de boquillas de dosificación al prototipo para aumentar la producción de botellas.
- Colocar un sensor de volumen o caudal en las boquillas para obtener un dosificado más exacto.
- Implementar un mecanismo de banda transportadora con sensores para que el proceso sea continuo en conjunción a los demás subprocesos de producción de botellas.
- Realizar un plan de mantenimiento de las partes, accesorios y sistemas del prototipo para mantener en buen estado a la máquina.

7. BIBLIOGRAFÍA:

1. MATAIX Claudio. (2003). *“Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas”*, Segunda edición, Impreso en México.
2. MOTT Robert. (2003). *“Mecánica de Fluidos”*, Sexta edición, Impreso en México.
3. BUDYNAS Richard G., NISBETH J. Keith. (2008). *“Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley”*, Octava edición, Impreso en México.
4. MCCORMAC Jack C. (2009). *“Diseño de estructuras metálicas, Método ASD”*, Cuarta edición, Impreso en México.
5. ROLDÁN José. (2003). *“Neumática, Hidráulica y electricidad aplicada”*
6. CARRILLO Mauricio. (2007). *“Circuitos Eléctricos Básicos de Control”*
7. MORA Jesús F, *“Máquinas Eléctricas”*, sexta edición Impreso en España.
8. HIBBELER Russel C., *“Dinámica”*, decima segunda edición Impreso en México.

BIBLIOTECA VIRTUAL:

1. <http://www.indupaksa.com>
2. http://usuarios.multimania.es/automatica/temas/tema2/pags/la_lc/la.htm
3. <http://www.buenastareas.com/ensayos/Energía-Convencional-Y-No-Convencional-Del/296374.html>
4. http://es.wikipedia.org/wiki/Diseño_mecánico
5. <http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/9989/1/T11782.pdf>
6. <http://www.microautomacion.com/catalogo/Tratamientodelaire.pdf>
7. http://www.distritec.com.ar/micro/unidades_frl/introduccion.pdf

ANEXOS

ANEXO 1. PROPIEDADES DE LOS ÁNGULOS DE ACERO ESTRUCTURAL

Tabla A-6
Propiedades de ángulos de acero estructural*†
(continuación)

Tamaño, mm	m	A	I_x	k_{x-x}	Z_{x-x}	γ	k_{y-y}
25 x 25 x 3	1.11	4.2	0.80	0.75	0.45	0.72	0.48
x 4	1.45	1.85	1.01	0.74	0.58	0.76	0.48
x 5	1.77	2.26	1.20	0.73	0.71	0.80	0.48
40 x 40 x 4	2.42	3.08	4.47	1.21	1.55	1.12	0.78
x 5	2.97	3.79	5.43	1.20	1.91	1.16	0.77
x 6	3.52	4.48	6.31	1.19	2.26	1.20	0.77
50 x 50 x 5	3.77	4.80	11.0	1.51	3.05	1.40	0.97
x 6	4.47	5.59	12.8	1.50	3.61	1.45	0.97
x 8	5.82	7.41	16.3	1.48	4.68	1.52	0.96
60 x 60 x 5	4.57	5.82	19.4	1.82	4.45	1.64	1.17
x 6	5.42	6.91	22.8	1.82	5.29	1.69	1.17
x 8	7.09	9.03	29.2	1.80	6.89	1.77	1.16
x 10	8.69	11.1	34.9	1.78	8.41	1.85	1.16
80 x 80 x 6	7.34	9.35	55.8	2.44	9.57	2.17	1.57
x 8	9.63	12.3	72.2	2.43	12.6	2.26	1.56
x 10	11.9	15.1	87.5	2.41	15.4	2.34	1.55
100 x 100 x 8	12.2	15.5	145	3.06	19.9	2.74	1.96
x 12	17.8	22.7	207	3.02	29.1	2.90	1.94
x 15	21.9	27.9	249	2.98	35.6	3.02	1.93
150 x 150 x 10	23.0	29.3	624	4.62	56.9	4.03	2.97
x 12	27.3	34.8	737	4.60	67.7	4.12	2.95
x 15	33.8	43.0	898	4.57	83.5	4.25	2.93
x 18	40.1	51.0	1050	4.54	98.7	4.37	2.92

*Los tamaños métricos también están disponibles en tamaños de 45, 70, 90, 120 y 200 mm.
†Estos tamaños también están disponibles en aleación de aluminio.

ANEXO 2. PRESIÓN DE VAPOR Y CARGA DE PRESIÓN DE VAPOR DEL AGUA

Temperatura °C	Presión de vapor (kPa abs.)	Peso específico (kN/m ³)	Carga de presión de vapor (m)
0	0.6105	9.806	0.06226
5	0.8722	9.807	0.08894
10	1.228	9.804	0.1253
20	2.338	9.789	0.2388
30	4.243	9.765	0.4345
40	7.376	9.731	0.7580
50	12.33	9.690	1.272
60	19.92	9.642	2.066
70	31.16	9.589	3.250
80	47.34	9.530	4.967
90	70.10	9.467	7.405
100	101.3	9.399	10.78

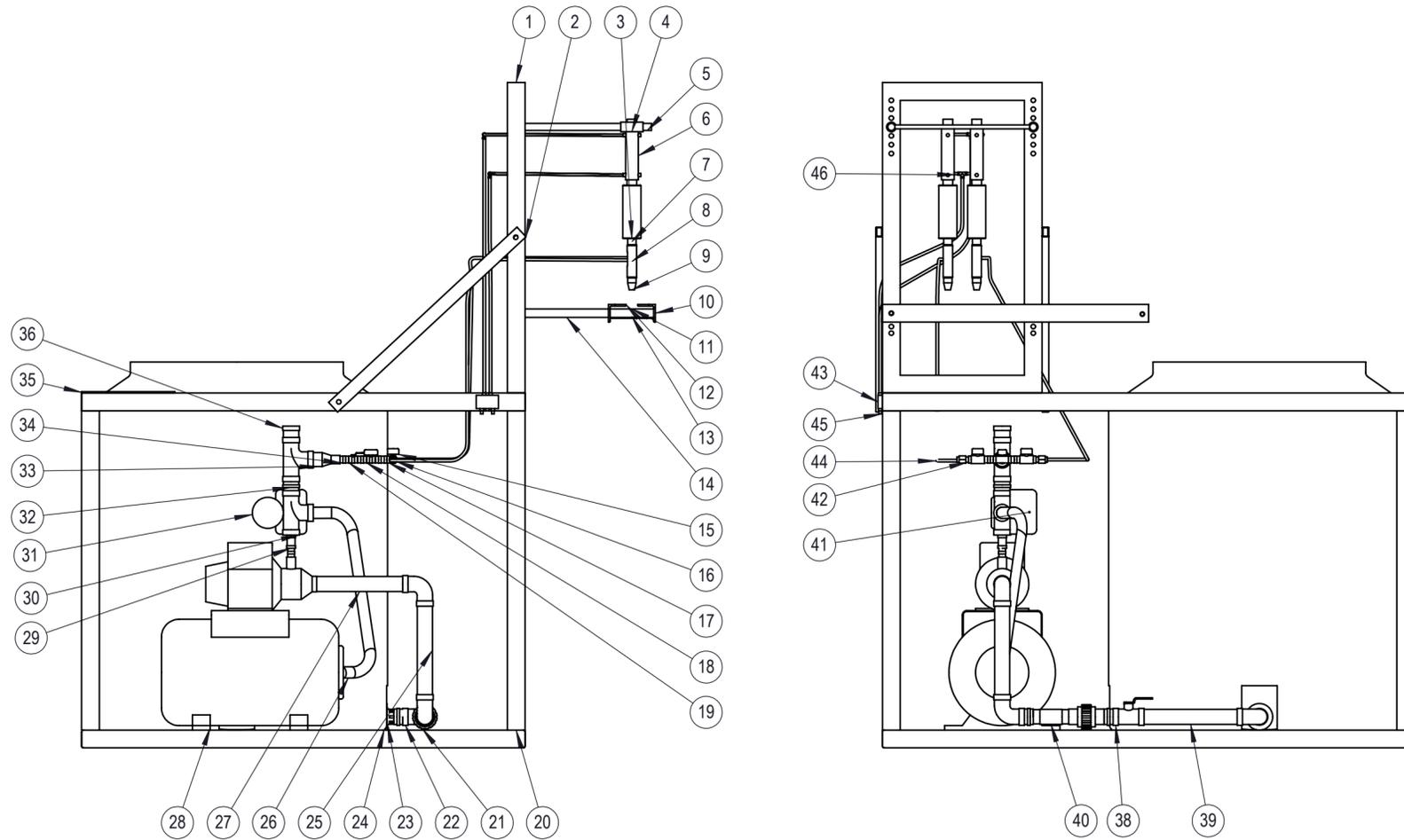
ANEXO 3. DOSIFICADOR DE LÍQUIDOS



ANEXO 4. DOSIFICADOR Y SELLADOR DE BOTELLAS



PLANOS



46	TEE 6MM			2		ADQUIRIDO
45	SILENCIADORES 6MM			2		ADQUIRIDO
44	TUBERÍA FLEX 6MM			1		ADQUIRIDO
43	ELECTROVALVULA 5-2			1		ADQUIRIDO
42	NEPLO 0.375IN			2		ADQUIRIDO
41	PRESOSTATO			1		ADQUIRIDO
40	VÁLVULA CHECK ANTIRRETORNO 1IN			1		ADQUIRIDO
39	TUBERIA 1IN X 30CM			1		ADQUIRIDO
38	VÁLVULA GLOBO 1 IN			1		ADQUIRIDO
37	VASTAGO			2		ADQUIRIDO
36	TAPON 1IN			1		ADQUIRIDO
35	BASE TABLERO	ASTM A36 Acero	17	1	1678.92	
34	NEPLO 0.5IN			6		ADQUIRIDO
33	REDUCCION 1IN 0.5IN			1		ADQUIRIDO
32	NEPLO 1IN			4		ADQUIRIDO
31	MANOMETRO			1		ADQUIRIDO
30	TEE 1 IN			2		ADQUIRIDO
29	NEPLO H 0.5IN			1		ADQUIRIDO
28	SISTEMA HIDRONEUMÁTICO			1		ADQUIRIDO
27	TUBERIA 1IN X 20CM			1		ADQUIRIDO
26	NEPLO FLEXIBLE 1 IN			1		ADQUIRIDO
25	TUBERIA 1IN X 25CM			1		ADQUIRIDO
24	TANQUE DE ALMACENAMIENTO			1		ADQUIRIDO
23	CONECTOR TANQUE 1IN			1		ADQUIRIDO
22	CODO 1IN X 90			3		ADQUIRIDO
21	UNIVERSAL 1IN			1		ADQUIRIDO
20	ESTRUCTURA	ASTM A36 Acero	3	1	50880.27	
19	VALVULA GLOBO 0.5IN			1		ADQUIRIDO
18	ELECTROVALVULA 0.5IN			1		ADQUIRIDO
17	TEE 0.5IN			1		ADQUIRIDO
16	ACOPLE RAPIDO 6MM			4		ADQUIRIDO
15	MANÓMETRO			2		ADQUIRIDO
14	EJE DE RIEL	ASTM A36 Acero	13	2	389.39	
13	EJE RIEL INTERNO	ASTM A36 Acero		1		ADQUIRIDO
12	ANGULO RIEL 1	ASTM A36 Acero	14	1	1343.02	
11	BOCIN DE RIEL	ASTM A36 Acero	15	1	157.70	
10	ANGULO RIEL 2	ASTM A36 Acero	16	1	1345.46	
9	BOQUILLA	AISI 304	12	2	73.87	
8	BOCIN DE BOQUILLA	AISI 304	11	2	81.09	
7	EJE DE ACOPLA VASTAGO	AISI 304	10	2	246.63	
6	CILINDRO			2		ADQUIRIDO
5	EJE DE LA PLACA BASE DE CILINDRO	ASTM A36 Acero	7	2	458.12	
4	PLACA SOPORTE DE CILINDROS	ASTM A36 Acero	8	1	1078.92	
3	CUBIERTA VASTAGO	Nailon 6/10	9	2	172.64	
2	SOPORTE	ASTM A36 Acero		2	726.13	
1	CUADRO	ASTM A36 Acero	6	1	4758.26	
N.º de pieza	Denominación	Materiales	N.º del dibujo	N.º de piezas	Peso gr/pieza	Observaciones

Tolerancia:	±0.5	Peso:	103390.52gr	Material:	VARIOS			
Fecha:	30/10/2013	Nombre:	Sarzoza Pablo	Título:	DOSIFICADOR DE LIQUIDOS			
Dibujó:	30/10/2013	Revisó:	Ing. Carrillo M.			Escala:	1:10	
Revisó:	30/10/2013	Aprobó:	30/10/2013					
Aprobó:	30/10/2013							
UTA INGENIERÍA MECÁNICA				Nº de lámina:	1 de 17 (Sustitución)		Registro:	
Edición	Denominación	Fecha	Nombre					

1 2 3 4 5 6 7 8

A

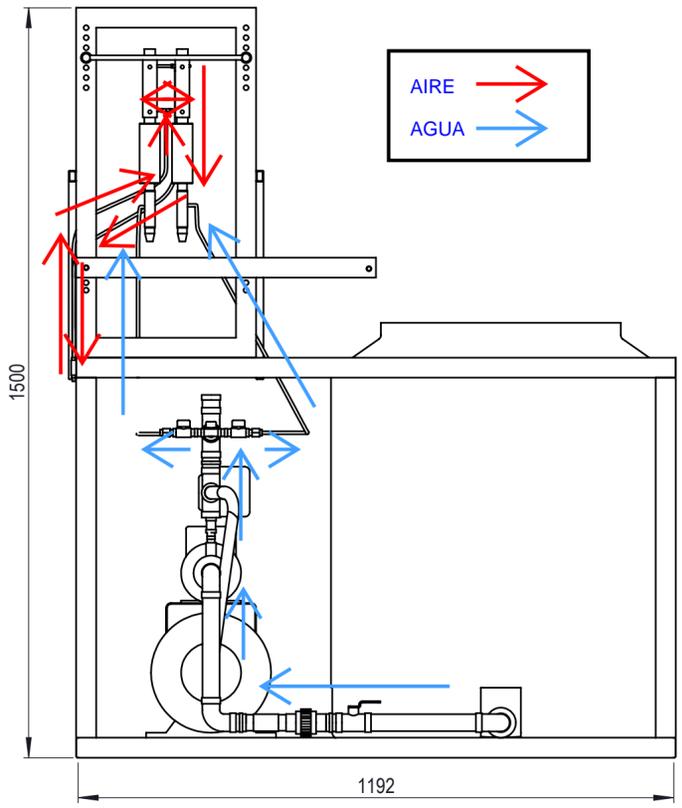
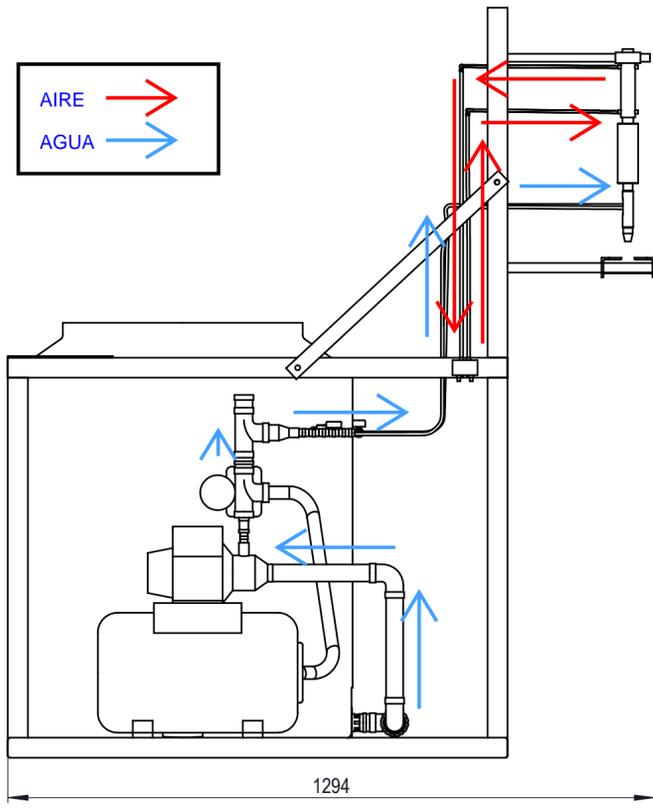
B

C

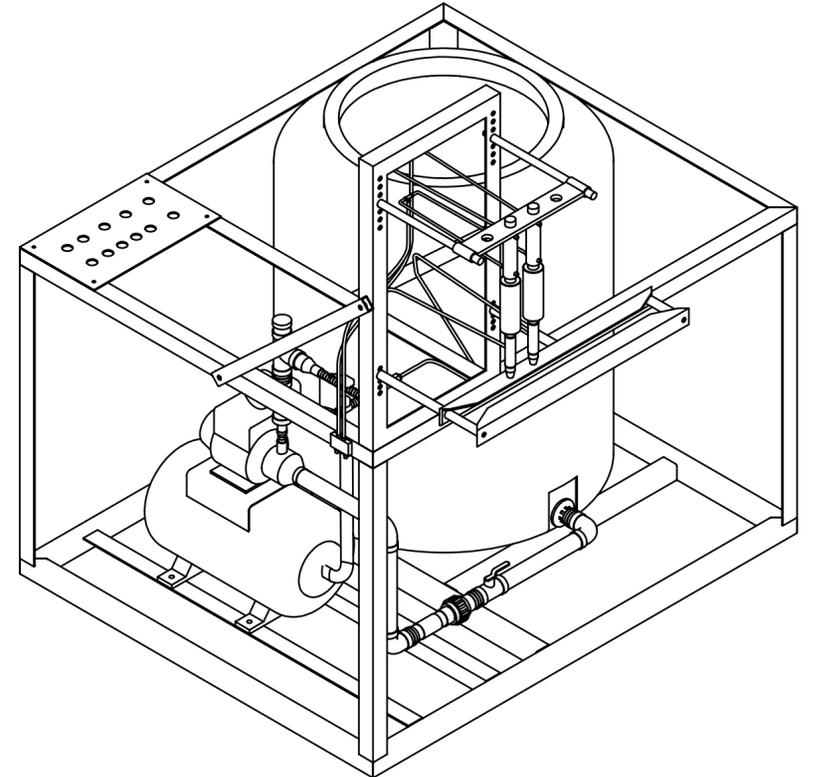
D

E

F

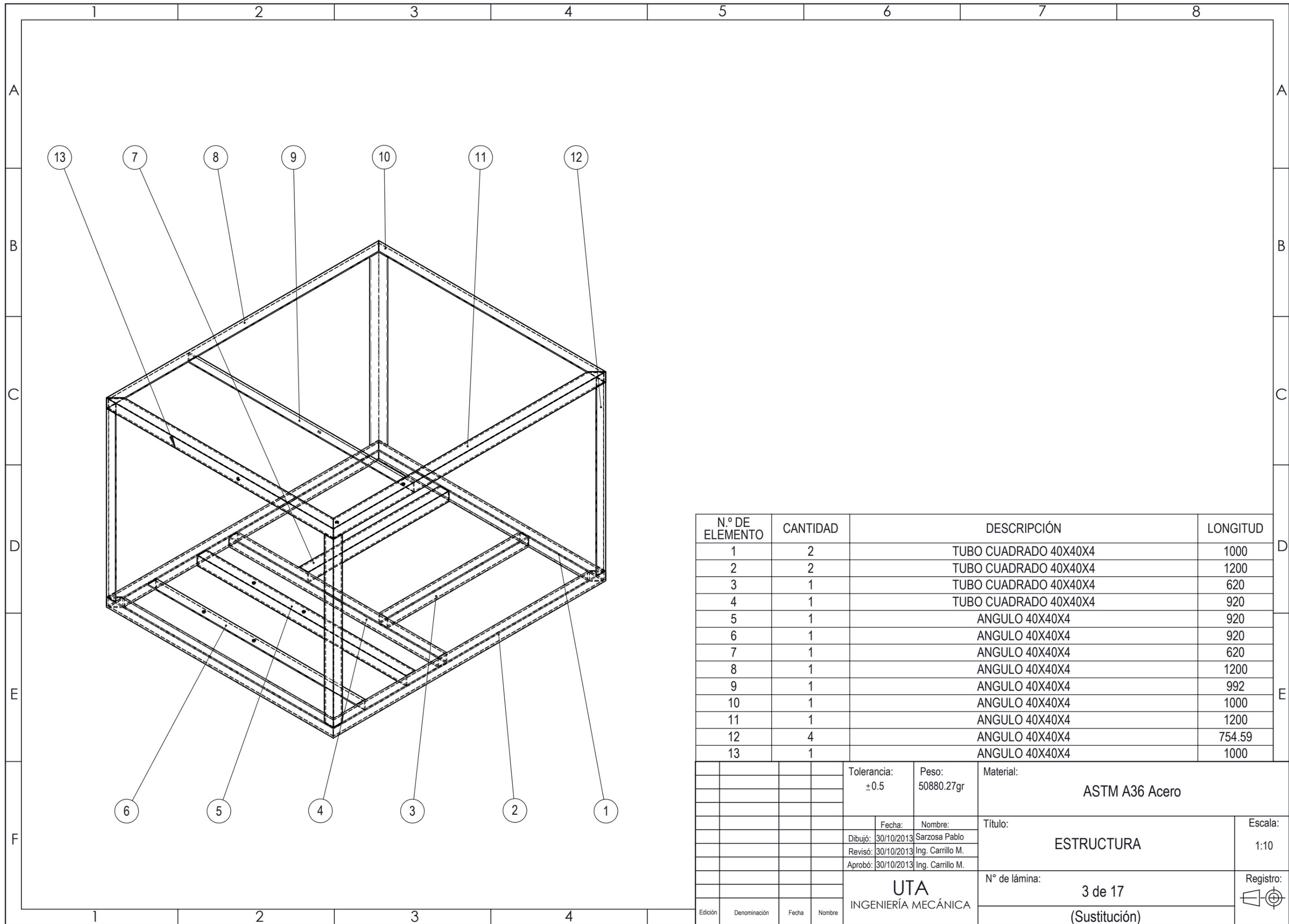


CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Peso aproximado	103.4 Kg
Alimentación eléctrica	110V
Producción	Hasta 753 botellas por hora (depende del volumen de la botella)
Alto	1500 mm
Ancho	1192 mm
Profundidad	1294 mm
Sistema de presión	Bomba 0.4 hp, tanque de presión
Presión de trabajo	22 psi - 38 psi
Fluido de trabajo	Agua
Sistema de posicionamiento	Cilindro neumático doble efecto \varnothing 10mm
Presión de funcionamiento	4 bar
Fluido de trabajo	Aire



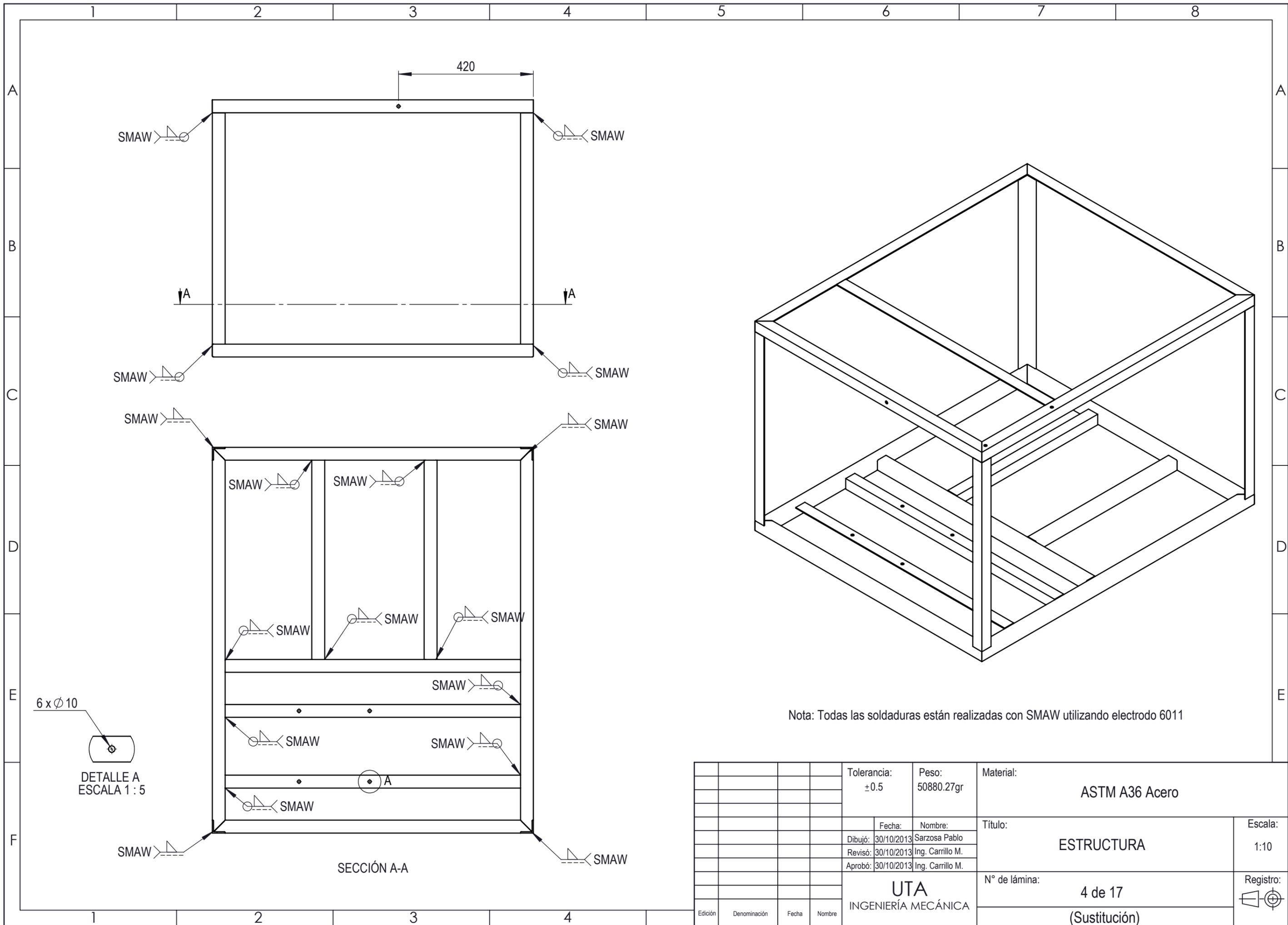
			Tolerancia: ±0.5	Peso: 103390.52gr	Material: VARIOS	
			Fecha:	Nombre:	Título:	Escala:
			Dibujó: 30/10/2013	Sarzosa Pablo	DOSIFICADOR DE LIQUIDOS	1:10
			Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
			Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
			UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N° de lámina: 2 de 17 (Sustitución)	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre			

1 2 3 4 5 6 7 8



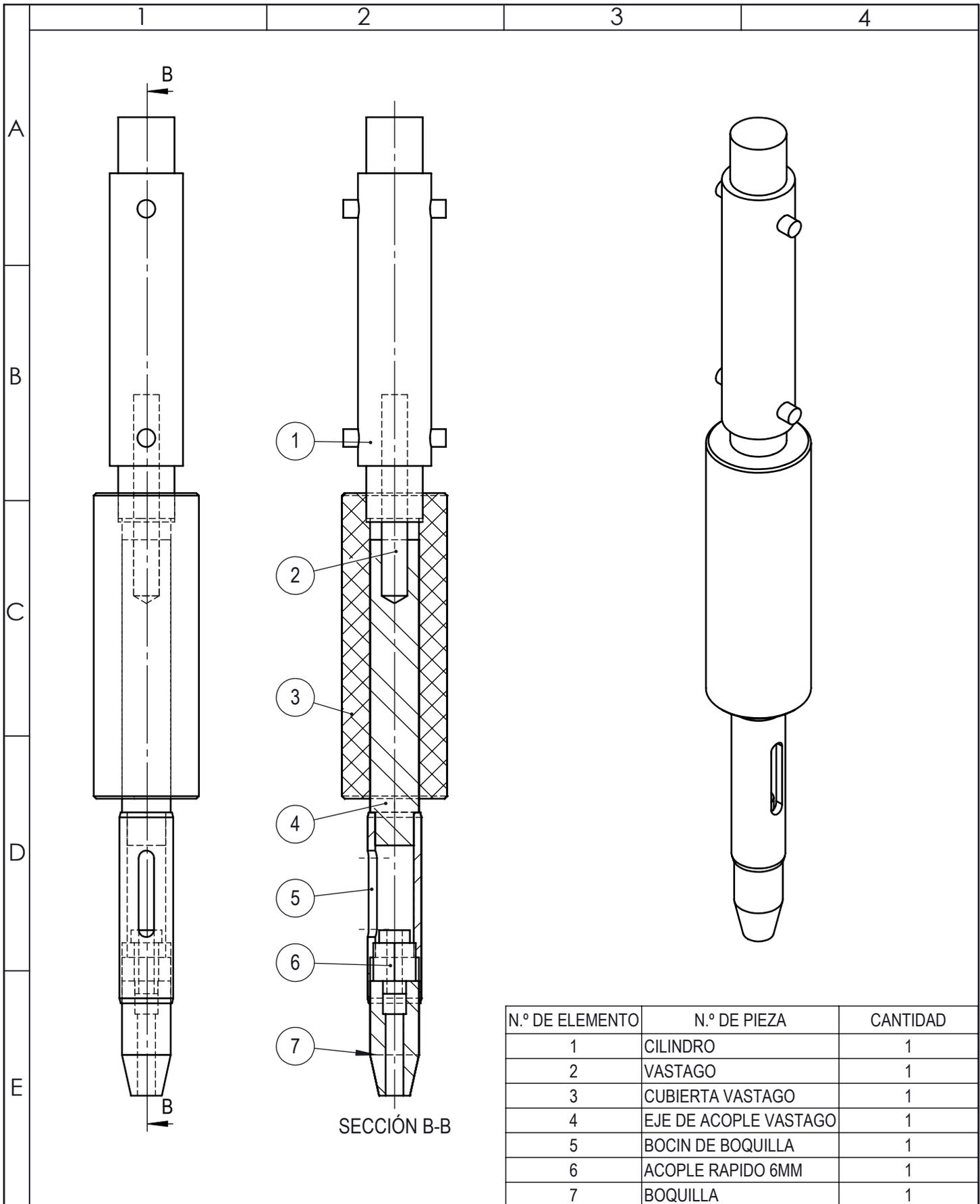
N.º DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
1	2	TUBO CUADRADO 40X40X4	1000
2	2	TUBO CUADRADO 40X40X4	1200
3	1	TUBO CUADRADO 40X40X4	620
4	1	TUBO CUADRADO 40X40X4	920
5	1	ANGULO 40X40X4	920
6	1	ANGULO 40X40X4	920
7	1	ANGULO 40X40X4	620
8	1	ANGULO 40X40X4	1200
9	1	ANGULO 40X40X4	992
10	1	ANGULO 40X40X4	1000
11	1	ANGULO 40X40X4	1200
12	4	ANGULO 40X40X4	754.59
13	1	ANGULO 40X40X4	1000

Tolerancia: ±0.5		Peso: 50880.27gr	Material: ASTM A36 Acero	
Fecha: 30/10/2013		Nombre: Sarzosa Pablo		Escala: 1:10
Dibujó: 30/10/2013		Revisó: Ing. Carrillo M.		
Aprobó: 30/10/2013		Ing. Carrillo M.		
UTA INGENIERÍA MECÁNICA			Nº de lámina: 3 de 17	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	(Sustitución)



Nota: Todas las soldaduras están realizadas con SMAW utilizando electrodo 6011

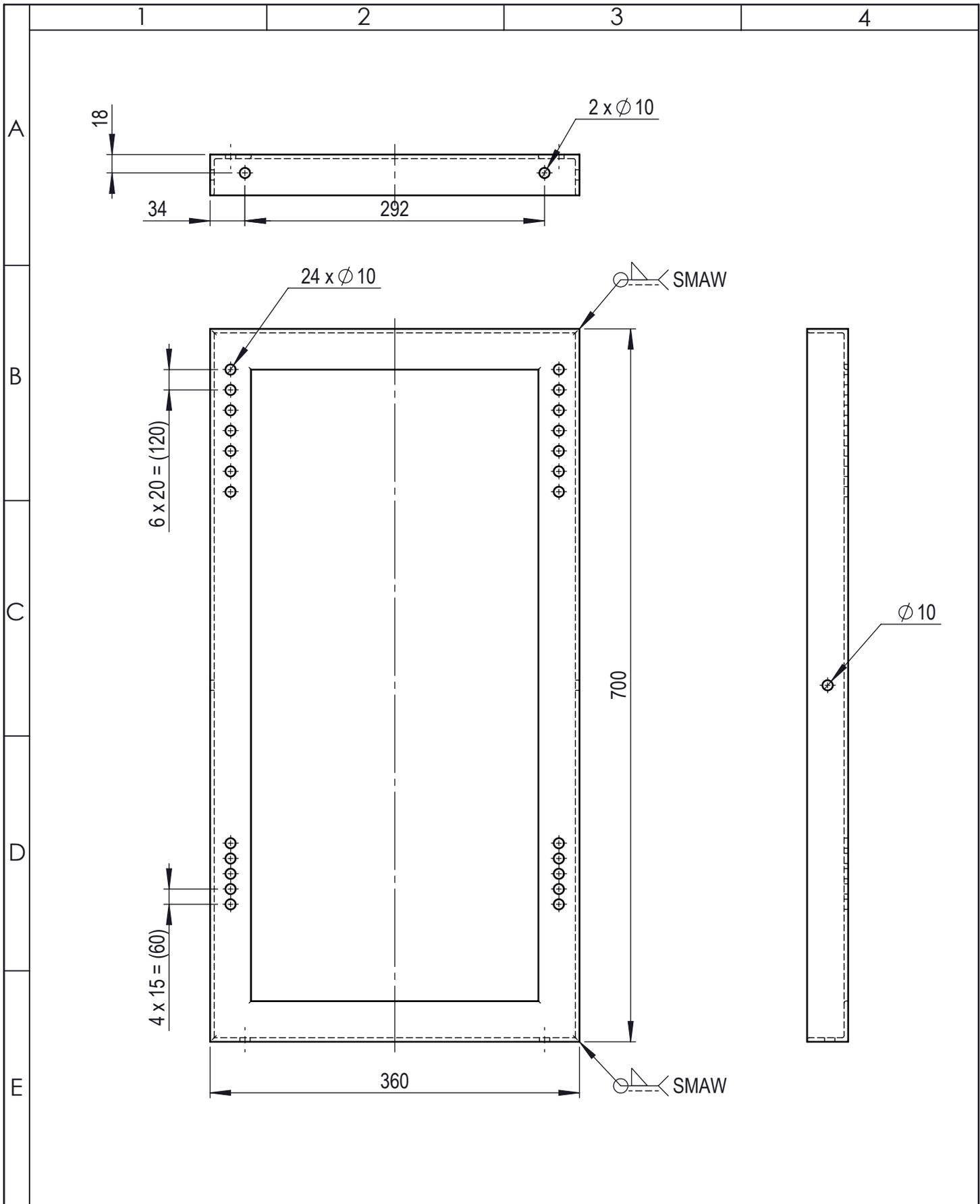
				Tolerancia: ±0.5	Peso: 50880.27gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha: 30/10/2013	Nombre: Sarzoza Pablo	Título: ESTRUCTURA	Escala: 1:10
				Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Nº de lámina: 4 de 17 (Sustitución)	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre				



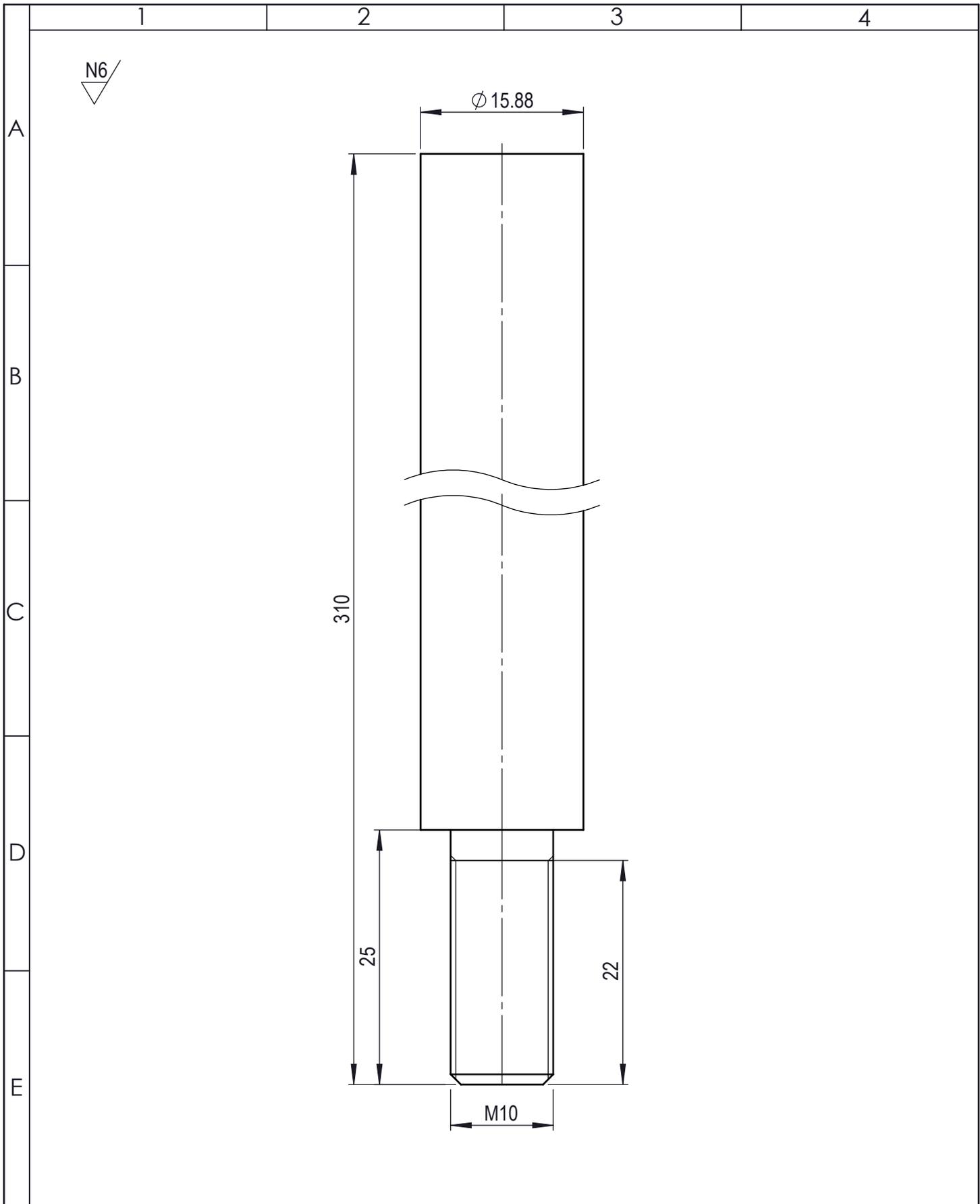
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	CILINDRO	1
2	VASTAGO	1
3	CUBIERTA VASTAGO	1
4	EJE DE ACOPLE VASTAGO	1
5	BOCIN DE BOQUILLA	1
6	ACOPLE RAPIDO 6MM	1
7	BOQUILLA	1

SECCIÓN B-B

				Tolerancia: ±0.5	Peso: gr	Material: Varios	
				Fecha:	Nombre:	Título:	
				Dibujó: 30/10/2013	Sarzosa Pablo	CONJUNTO BOQUILLA DE DOSIFICACIÓN	
				Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.	Escala: 1:2	
				Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.	Registro:	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		Nº de lámina: 5 de 17	
						(Sustitución)	
Edición	Denominación	Fecha	Nombre				



				Tolerancia: ± 0.5	Peso: 4758.26gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: CUADRO	Escala: 1:5
				Dibujó: 30/10/2013	Sarzosa Pablo		
				Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.	N° de lámina: 6 de 17	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



				Tolerancia: ± 0.5	Peso: 458.12gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: EJE DE LA PLACA BASE DE CILINDRO	Escala: 2:1
				Dibujó: 30/10/2013	Sarzosa Pablo		
				Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.	N° de lámina: 7 de 17	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

N6

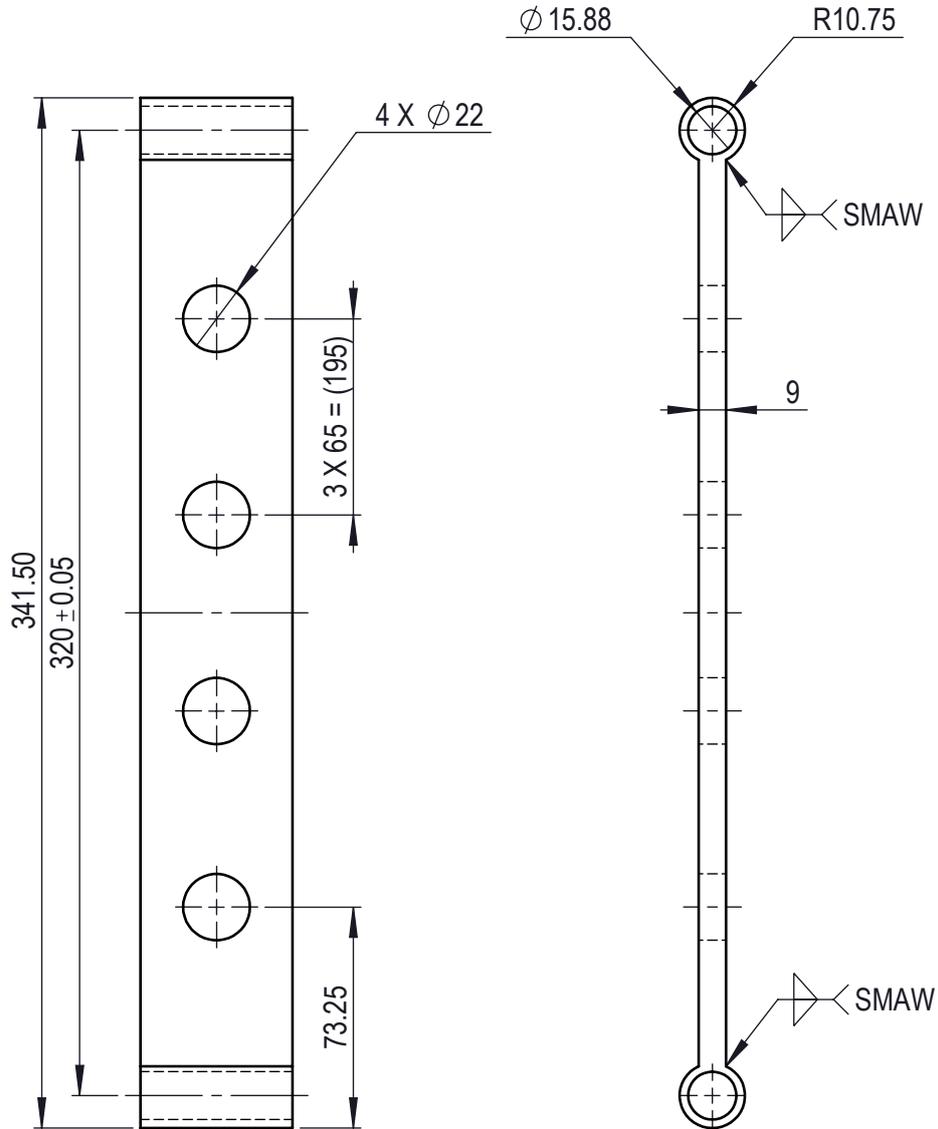
A

B

C

D

E



				Tolerancia: ±0.5	Peso: 1078.92gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: PLACA SOPORTE DE CILINDROS	Escala: 1:2.5
				Dibujó: 30/10/2013	Sarzosa Pablo		
				Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.	N° de lámina: 8 de 17	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

N6/

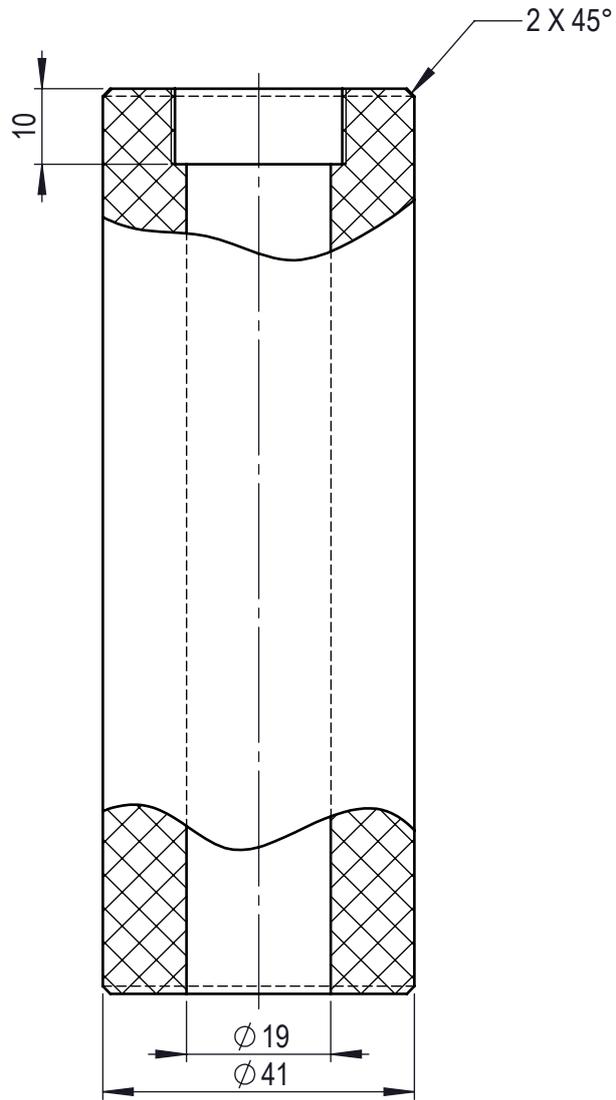
A

B

C

D

E



				Tolerancia: ± 0.5	Peso: 172.64gr	Material: Nailon 6/10	
				Fecha:	Nombre:	Título:	Escala:
				Dibujó: 30/10/2013	Sarzosa Pablo	CUBIERTA VASTAGO	1:1
				Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N° de lámina: 9 de 17	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

N6

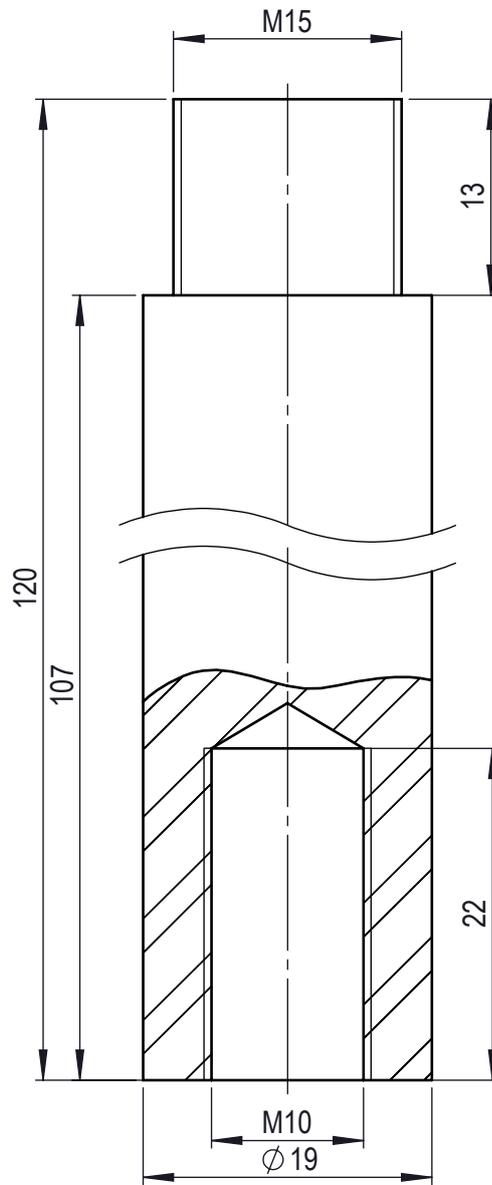
A

B

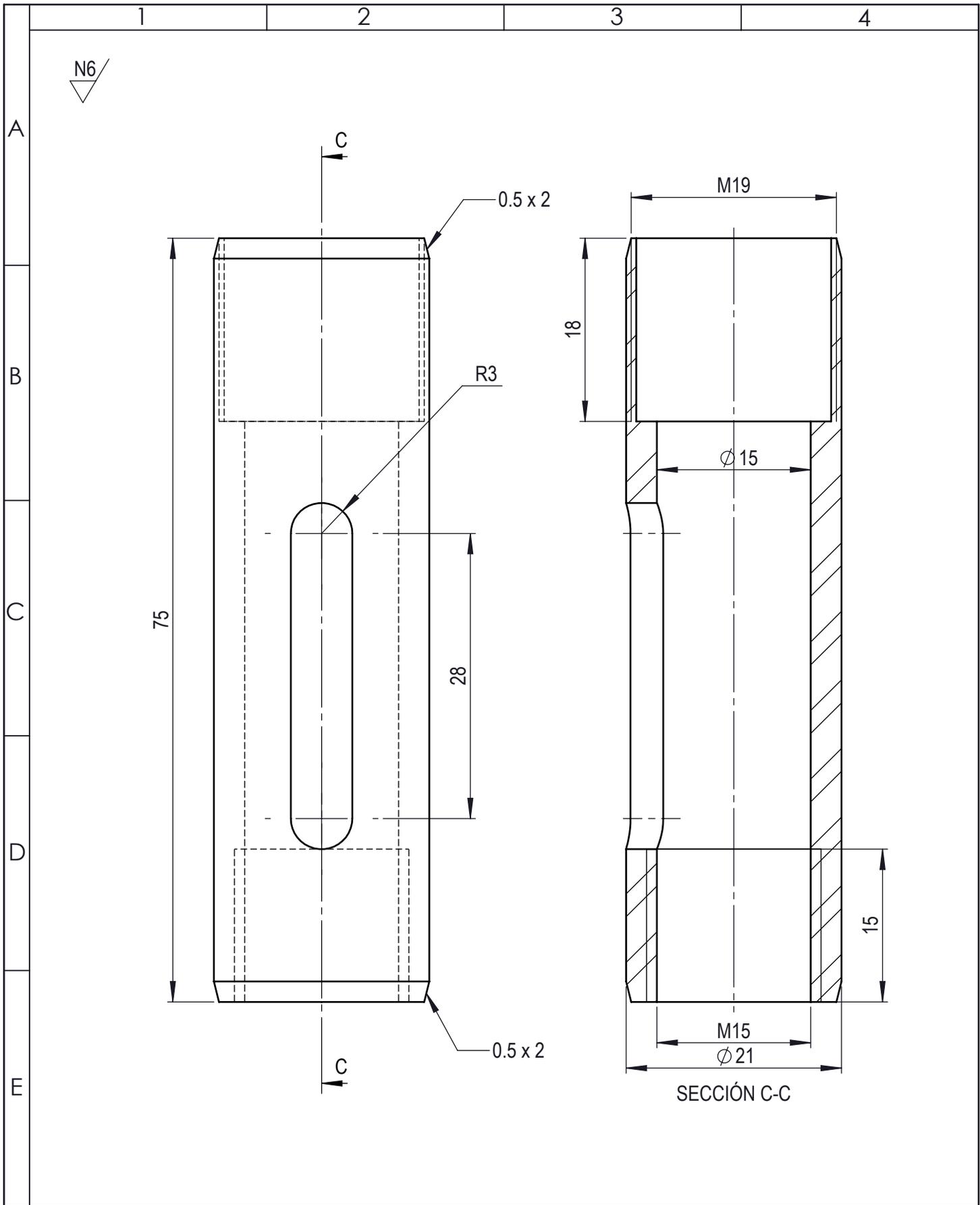
C

D

E



				Tolerancia: ±0.5	Peso: 246.63gr	Material: AISI 304	
				Fecha:	Nombre:	Título:	Escala:
				Dibujó: 30/10/2013	Sarzosa Pablo	EJE DE ACOPLE VASTAGO	2:1
				Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N° de lámina: 10 de 17	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia: ±0.5	Peso: 81.09gr	Material: AISI 304	
				Fecha:	Nombre:	Título: BOCIN DE BOQUILLA	Escala: 2:1
				Dibujó: 30/10/2013	Sarzosa Pablo		
				Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.	N° de lámina: 11 de 17	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

N6

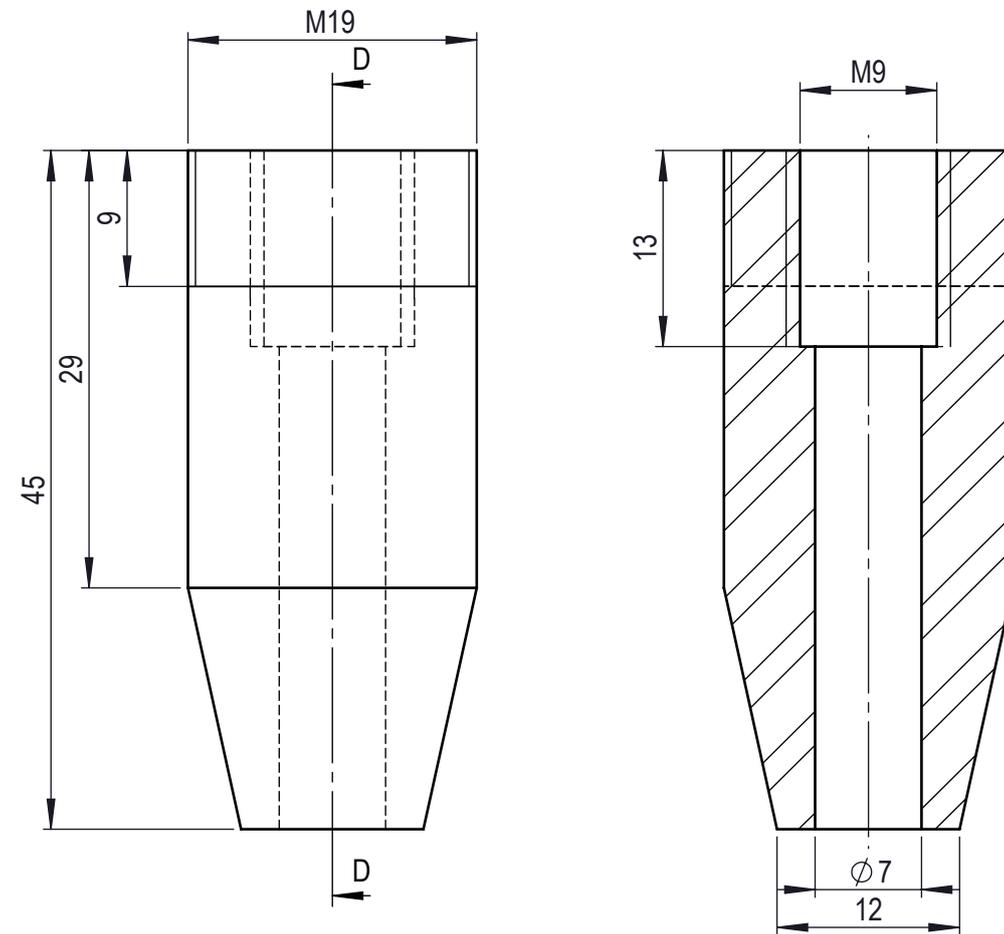
A

B

C

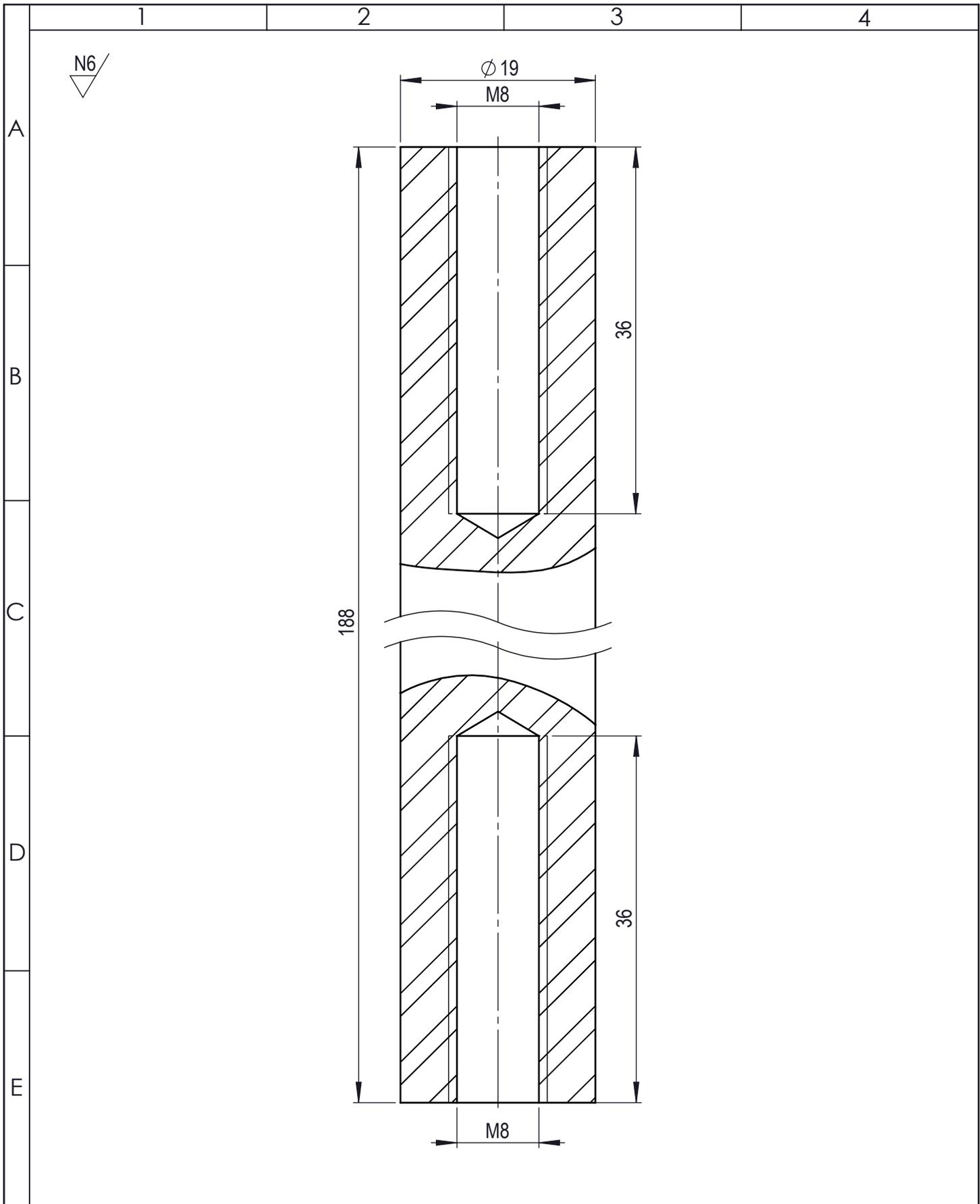
D

E

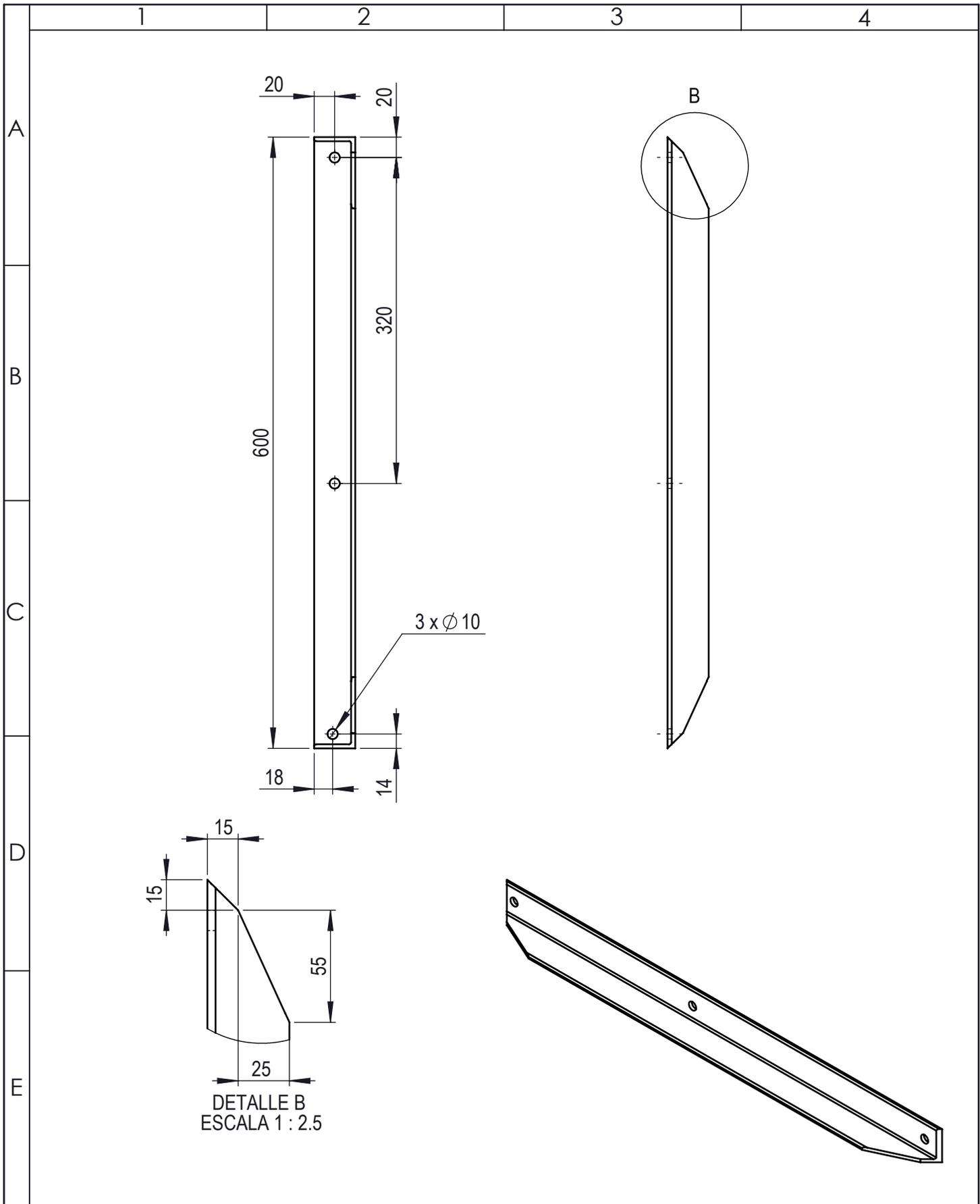


SECCIÓN D-D

				Tolerancia: ±0.5	Peso: 73.87gr	Material: AISÍ 304	
				Fecha:	Nombre:	Título: BOQUILLA	Escala: 2:1
				Dibujó: 30/10/2013	Sarzosa Pablo		
				Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.	N° de lámina: 12 de 17	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



				Tolerancia: ±0.5	Peso: 389.39gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: EJE DE RIEL	Escala: 2:1
				Dibujó: 30/10/2013	Sarzosa Pablo		
				Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.	N° de lámina: 13 de 17	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



				Tolerancia: ±0.5	Peso: 1343.02gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: ANGULO RIEL 1	Escala: 1:5
				Dibujó: 30/10/2013	Sarzosa Pablo		
				Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.	N° de lámina: 14 de 17	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

1

2

3

4

N6

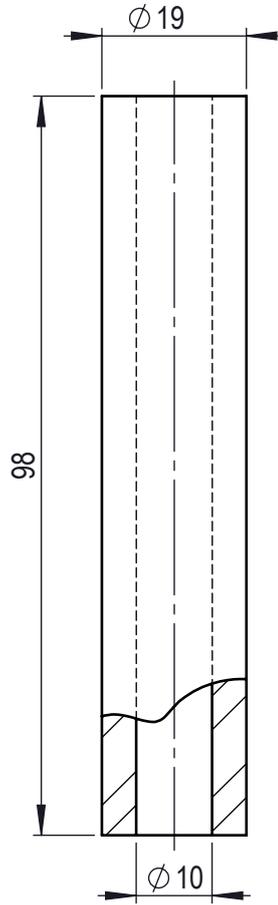
A

B

C

D

E



				Tolerancia: ±0.5	Peso: 157.70gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: BOCIN DE RIEL	Escala: 1:1
				Dibujó: 30/10/2013	Sarzosa Pablo		
				Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N° de lámina: 15 de 17	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

N6

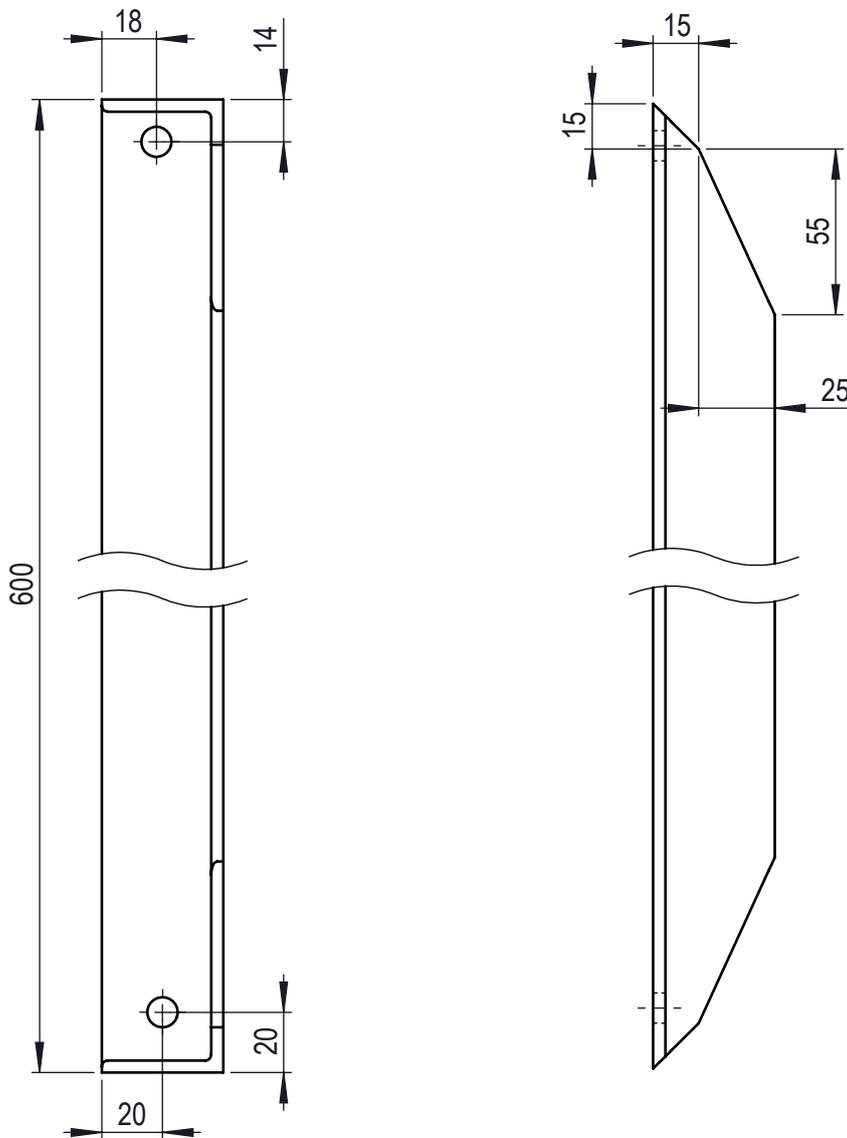
A

B

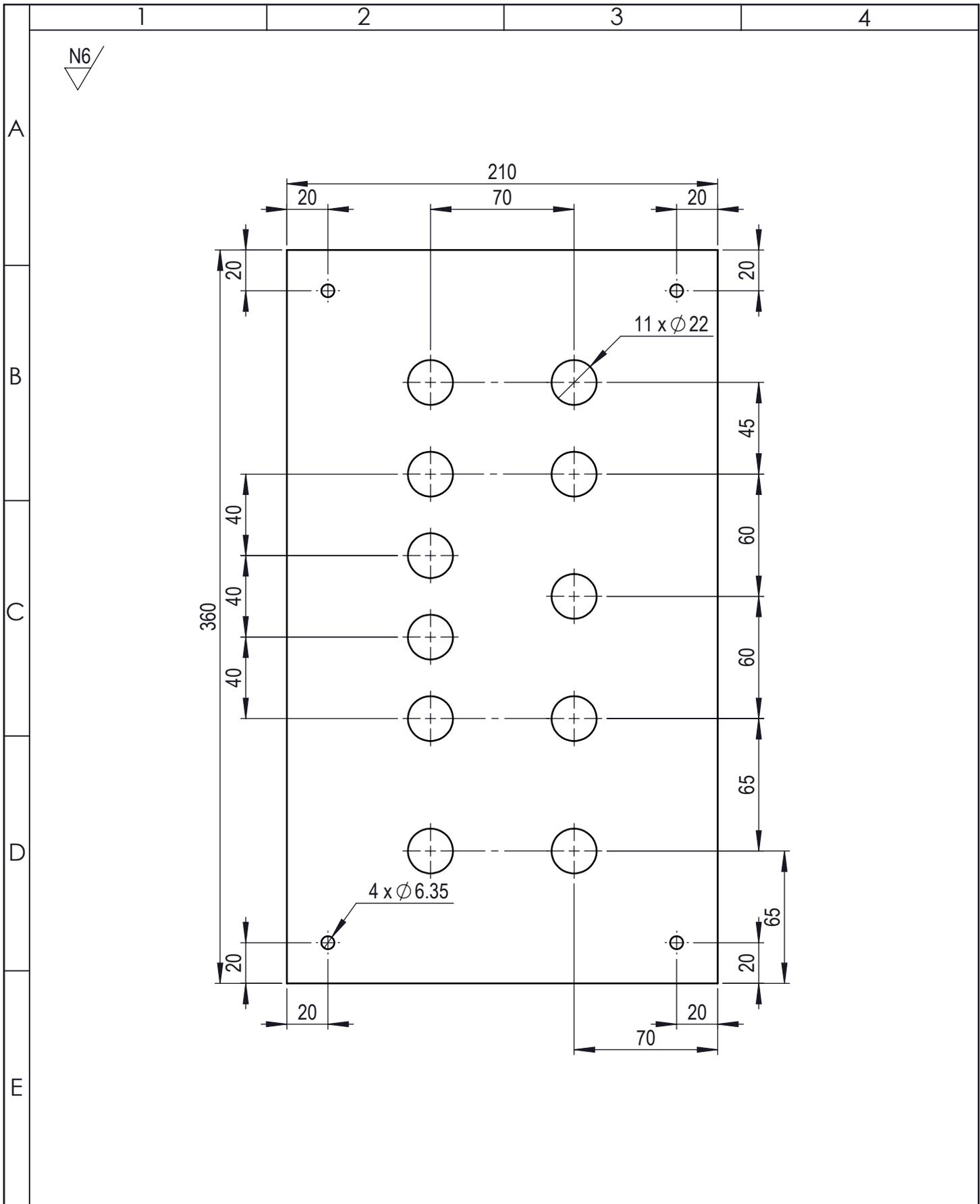
C

D

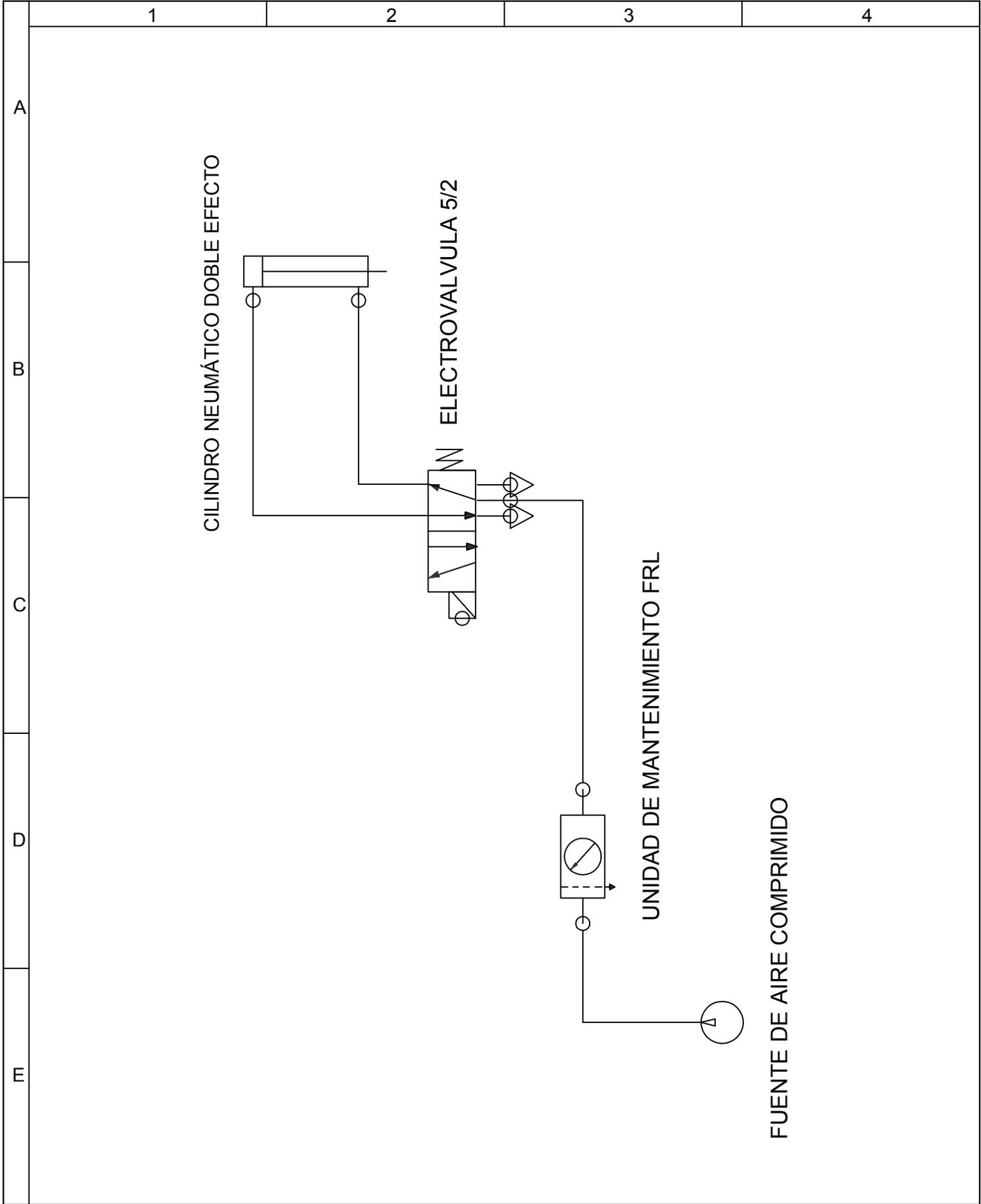
E



				Tolerancia: ±0.5	Peso: 1345.46gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: ANGULO RIEL 2	Escala: 1:2.5
				Dibujó: 30/10/2013	Sarzosa Pablo		
				Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.	N° de lámina: 16 de 17	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



				Tolerancia: ±0.5	Peso: 1678.92gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: BASE TABLERO	Escala: 1:2.5
				Dibujó: 30/10/2013	Sarzosa Pablo		
				Revisó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 30/10/2013	Ing. Carrillo M.		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N° de lámina: 17 de 17	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia:	Peso: gr	Material: VARIOS	
				Fecha:	Nombre:	Título: CIRCUITO NEUMÁTICO	Escala:
			Dibujó:	30/10/2013	Sarzosa Pablo		
			Revisó:	30/10/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó:	30/10/2013	Ing Carrillo M	
				UTA		N de lámina: 18	Registro:
Edición	Deformación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	