

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA LÍNEA DE
ENVASADO PARA AGUA PURIFICADA EN ENVASES DE
5 LITROS PARA LA EMPRESA GRANBOTTLE CÍA. LTDA.

POR:

JOSÉ LUIS MOSQUERA YEPÉZ Y

GUIDO GEOVANNY SANDOBALIN PATIÑO

DIRECTOR

ING. FERNANDO LARCO

QUITO 2010-11-05

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis que representa mi esfuerzo por superarme tanto en el área profesional, se lo dedico: primero a Dios que me ha dado la fortaleza espiritual en los momentos difíciles y segundo de manera especial y con todo mi amor a mis padres, quienes me han motivado a ser mejor cada día, a entender que nada es imposible y que solo el esmero y sacrificio son necesarios, para lograr las metas que desee alcanzar.

Guido

AGRADECIMIENTO

A mis padres que con su esfuerzo y consejo me inculcaron que la mejor herencia que se puede dejar a un hijo es la educación, sin su apoyo no habría podido llegar a la culminación de la meta que me he trazado en el inicio de la carrera.

Guido

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Nuestro Dios Todopoderoso, quien me alentó y me dio las fuerzas para seguir adelante, a mis padres por su apoyo incondicional al igual que a mi esposa por su comprensión y apoyo en este tiempo, de igual manera a los profesores que transmitieron sus conocimientos y ayudaron a la culminación de mi carrera

José Luis

AGRADECIMIENTO

A la empresa Gran Bottle Cia. por permitir la ejecución del proyecto en especial al Señor Mario Cóndor, además agradezco a mis padres por el impulso que me dieron en toda mi carrera y a los profesores que formaron mi perfil académico

José Luis

Certifico que el presente trabajo ha sido
realizado en su totalidad por los señores
José Luis Mosquera y Guido Sandobalín
Atentamente:

Ing. Fernando Larco
Director de Tesis

GLOSARIO

Amortización es el dinero que debemos ir reservando para la renovación de la máquina cuando se agote su vida útil.

Ablandador es un equipo de tratamiento de agua, el cual usa resinas de intercambio ciclo sodio, para eliminar los cationes que causan la dureza (calcio y magnesio).

Acidez la capacidad cuantitativa del agua de neutralizar una base, expresada en equivalente de carbonato de calcio en PPM o del mg/l. El número de los átomos de hidrógeno que están presente determina esto. Es medido generalmente por medio de una valoración con una solución de hidróxido sódico estándar.

Agua ácida agua que contiene una cantidad de sustancias ácidas que hacen al pH estar por debajo de 7.

Agua blanda cualquier agua que no contiene grandes concentraciones de minerales disueltos como calcio y magnesio.

Agua dura agua que contiene una gran cantidad número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes en el agua. El jabón generalmente se disuelve poco en las aguas duras.

Agua embotellada agua que se vende en los envases de plásticos para ser bebida y/o uso doméstico.

Agua potable agua que es segura para beber y para cocinar.

Arena la arena es roca natural y finamente dividida, compuesta de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 mm. Una partícula individual dentro de este rango es llamada grano de arena. Las partículas por debajo de los 0,063 mm hasta 0,004 mm de tamaño en geología se llaman lógamo; y por arriba de la medida del grano de arena se llama grava, de hasta 64 mm.

Bacterias pequeños microorganismos unicelulares, que se reproducen por la fisión de esporas.

Bacteria coliforme bacteria que sirve como indicador de contaminantes y patógenos cuando son encontradas en las aguas. Estas son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente.

Base una sustancia alcalina que tiene un pH que exceda de 7.5.

Carbón activado este posiblemente es el medio más comúnmente usado para la adsorción, producido por calentamiento de sustancias carbonosas o bases de celulosa en ausencia de aire. Tiene una estructura muy porosa y se utiliza comúnmente para quitar la materia orgánica y los gases disueltos en el agua. Su aspecto es similar al carbón o a la turba. Disponible en forma granular, en polvo o bloque la; la forma en polvo tiene la capacidad más alta de adsorción.

Corrosión galvánica. Corrosión ocurrida por unir dos metales disímilares. Uno es corroído a la desintegración y es depositado en el otro.

Corrosión electrolítica: Causada por el paso de corriente. La corriente viaja por una tubería hasta encontrar un camino de más conducción, entonces deja la tubería llevándose un poco de metal con él.

Costo de adquisición. Valor pagado por un activo si ha sido adquirido en el exterior, o costo de producción si es la propia empresa la que lo fabrica.

Costo directo. A los que se puede identificar en el producto

Costo indirecto. A los que no se puede identificar en el producto

Escherichia coli (E. coli) bacteria coliforme que está a menudo asociada con el hombre y desechos a animales y es encontrada en el intestino. Es usada por departamentos de salud y laboratorios privados para medir la calidad de las aguas.

Flóculo masa floculada que es formada por la acumulación de partículas suspendidas. Puede ocurrir de forma natural, pero es usualmente inducido e orden de ser capaz de eliminar ciertas partículas del agua residual.

Humedal. Terreno húmedo.

Inversiones. Son los desembolsos de dinero o en recursos que tiene que realizar para obtener los elementos que nos van a servir para la producción

Ión un átomo en solución que está cargado, o sea positivamente (cationes) o negativamente (aniones).

Membrana delgada barrera que permite a algunos sólidos o líquidos pasar a través de ella, y causa problemas a otros. Esta es de piel semipermeable lo cual el paso a través de ella está determinado por el tamaño o la especial naturaleza de las partículas. Las membranas son usadas generalmente para la separación de sustancias.

Micra unidad para describir una medida de longitud, igual a una millonésima de un metro.

Microorganismos organismos que son tan pequeño que sólo pueden ser observado a través del microscopio, por ejemplo bacterias, fungi, levaduras, etc

NTU: Unidad de medición de la turbiedad

Ósmosis proceso mediante el cuál un disolvente pasa espontáneamente de una solución menos concentrada a otra más concentrada, a través de una membrana semipermeable.

Ósmosis inversa proceso de separación consistente en aplicar a una disolución una presión suficiente para lograr el paso de un disolvente purificado, generalmente agua, a través de una membrana semipermeable.

Ozono estado alotrópico del oxígeno, producido por la electricidad, de cuya acción resulta un gas muy oxidante, de olor fuerte a marisco y de color azul cuando se licua.

Se encuentra en muy pequeñas proporciones en la atmósfera después de las tempestades.

Oxidación ultravioleta un proceso que usa longitud de onda extremadamente corta que puede matar microorganismos (desinfección) o partir moléculas orgánicas (foto oxidación) dejándolas polarizadas o ionizadas y así son eliminadas más fácilmente del agua.

Patógeno enfermedad producida por microorganismos.

PVC cloruro de polivinilo. Polímero orgánico obtenido por polimerización del cloruro de vinilo. Sus propiedades de resistencia a ácidos y bases, estabilidad y plasticidad hacen que sea uno de los productos más utilizados de la industria del plástico, con numerosas aplicaciones.

Polipropileno (PP) es un polímero termoplástico, utilizado en una amplia variedad de aplicaciones.

Entre sus características físicas más relevantes cabe destacar:

Ligero

Brillo

Grado de cristalinidad intermedio

Módulo elástico intermedio

Elevada rigidez

Sedimentación asentamiento de partículas sólidas en un sistema líquido debido a la gravedad.

Sedimentación asentamiento de partículas sólidas en un sistema líquido debido a la gravedad.

Turbidez medida de la no transparencia del agua debida a la presencia de materia orgánica suspendida.

Ultravioleta perteneciente o relativo a la parte invisible del espectro luminoso, que se extiende a continuación del color violado y cuya existencia se revela principalmente.

ÍNDICE GENERAL

	Página
Planteamiento del problema.....	I
Justificación.....	II
Objetivo general.....	IV
Objetivos específicos.....	IV
Hipótesis general.....	IV
Hipótesis específicas.....	V
Alcance.....	V
CAPITULO 1	1
La empresa “GRAN BOTTLE Cía. Ltda.”.....	1
1.1 Descripción de la empresa.....	1
1.2 Generalidades.....	3
1.2.1 Productos.....	3
1.2.2 Registro sanitario.....	4
1.2.3 Normas INEN para el agua.....	4
1.2.4 Nivel de producción.....	4
1.2.5 Situación actual.....	4
CAPITULO 2	5
El agua.....	5
2.1 Introducción.....	5
2.2 Definición.....	7
2.2.1 Características.....	7
2.2.2 Importancia y distribución.....	7
2.2.3 Tipos de aguas.....	8
2.3 Tratamiento del agua.....	11
2.3.1 Tratamiento del agua potable.....	12
2.3.2 Agua purificada.....	18
2.3.2.1 Criterios de calidad.....	22
CAPITULO 3	27
Diseño e implementación de la línea de envasado.....	27
3.1 Materiales a emplearse en la máquina encapsuladora.....	27
3.1.1 Selección de materiales.....	27
3.2 Líneas de envasado.....	30
3.2.1 Partes y características.....	30
3.2.2 Diseño de la máquina encapsuladora.....	36
3.2.3 Funcionamiento de la lavadora de envases.....	64

3.2.4 Máquina llenadora.....	65
3.2.5 Banda transportadora.....	66
3.2.6 Máquina encapsuladora.....	67
3.2.7 Programación en el PLC.....	68
3.2.8 Implementación de la línea de envasado.....	73
3.5 Análisis de resultados	73
CAPITULO 4.....	74
Costos.....	74
CONCLUSIONES.....	80
RECOMENDACIONES.....	81
BIBLIOGRAFÍA.....	82
GLOSARIO	
ANEXOS	
ANEXO A	
Lay out, y hojas de procesos de la planta de purificación	
ANEXO B	
Planos de la maquinaria que compone la nueva línea de envasado	
ANEXO C	
Normas INEN para el agua	
ANEXO D	
Catálogos	
Moto reductor	
Aceros inoxidables y plásticos ingenieriles	
Elementos banda transportadora	
Chumaceras	
Chavetas	
Rodamientos	
ANEXO E	
Facturas	
ANEXO F	
Fotografías	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N°1	Filtros purificadores del agua..... 2
Figura N°2	Llenado manual de los botellones..... 3
Figura N° 3	Ciclo del agua..... 6
Figura N° 4	Tratamiento del agua mediante coagulación-floculación..... 14
Figura N° 5	Tratamiento del agua mediante sedimentación..... 15
Figura N° 6	Tratamiento del agua mediante filtración por arena..... 17
Figura N° 7	Esquema de los procesos de filtrado del agua a ser purificada..... 18
Figura N° 8	Esquema de lavado y llenado de los botellones del agua purificada.. 21
Figura N° 9	Líneas de envasado serie APS-GA-60..... 31
Figura N°10	Línea de Envasado para Botellas de 600mL..... 33
Figura N°11	Llenadora de líquidos rotativa lrt..... 34
Figura N°12	Llenadora de líquidos rotativa lrv..... 35
Figura N°13	Esquema de una transmisión por correa..... 36
Figura N°14	Partes de un engranaje..... 39
Figura N°15	Selección del perfil de correa..... 44
Figura N°16	Tenciones en la banda..... 47
Figura N°17	Determinación momento flector máximo en el eje móvil..... 48
Figura N°18	Determinación del momento flector máximo en el eje deslizante..... 50
Figura N°19	Vista lateral de la capsuladora..... 54
Figura N°20	Uniones longitudinales..... 56
Figura N°21	Vista posterior de la placa sujetadora y la columna..... 57
Figura N°22	Catetos y espesor de la soldadura en las placas sujetadoras..... 58
Figura N°23	Vista lateral de placas..... 59
Figura N°24	Lavadora de envases..... 64
Figura N°25	Llenadora..... 65
Figura N°26	Banda transportadora..... 66
Figura N°27	Máquina encapsuladora..... 67
Figura N°28	Programación del PLC S7-200..... 68

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla N°1	Nivel de producción de la empresa.....	4
Tabla N°2	Grado de dureza del agua.....	23
Tabla N°3	Propiedades de la poliamida 6.....	30
Tabla N°4	Especificaciones técnicas.....	32
Tabla N°5	Motor.....	36
Tabla N°6	Acero inoxidable.....	36
Tabla N°7	Duralón.....	36
Tabla N°8	Resumen de los cálculos de la rueda motriz.....	41
Tabla N°9	Resumen de los cálculos del piñón.....	42
Tabla N°10	Secciones de las correas.....	43
Tabla N°11	Diámetros de poleas según tipo de correa.....	45
Tabla N°12	Ecuaciones para el cálculo del cilindro neumático.....	52
Tabla N°13	Selección del cilindro según datos de tabla.....	53
Tabla N°14	Momentos de inercia de un tubo redondo de 2Plg y espesor de 2.77mm...	55
Tabla N°15	Momentos de inercia de un tubo redondo de 2plg y espesor de 1.22mm con un refuerzo de ángulo de 40x40x3mm.....	56
Tabla N°16	Consumo de aire en los cilindros.....	61
Tabla N°17	Cálculo de tuberías para circuitos neumáticos.....	62
Tabla N°18	Longitudes de tubería equivalentes para accesorios del conducto principal.....	63
Tabla N°19	Resultados obtenidos en la nueva línea.....	73
Tabla N°20	Elementos del sistema de transmisión.....	75
Tabla N°21	Planchas y platinas.....	76
Tabla N°22	Tubo redondo y ángulo.....	76
Tabla N°23	Insumos.....	77
Tabla N°24	Costo maquinado.....	78
Tabla N°25	Costo terceros.....	78
Tabla N°26	Costo total	79

Anexo A

Lay out, y hoja de procesos de la planta de purificación.

Anexo B

Planos de la maquinaria que compone la nueva línea de envasado:

Anexo C

Normas INEN para el agua

Anexo D

Catálogos:

Moto reductor

Aceros inoxidables y plásticos ingenieriles

Partes de la banda transportadora

Chumaceras

Chavetas

Rodamientos

Anexo E

Facturas

Anexo F

Fotografías

Anexos

SIMBOLOGÍA					HOJA DE PROCESOS			
○	OPERACIÓN				DE : Purificación del Agua	Cantidad: 7200 Litros		
□	INSPECCIÓN					Realizado por: Guido Sandobalin		
⇨	TRANSPORTE					Revisado por: José Luis Mosquera		
D	ESPERA				Fecha: 2010-11-05			
▽	ALMACENAMIENTO				Departamento de producción	Pág. 1 de 3		
SIMBOLO					PASOS DE PROCESO		TIEMPO	DISTANCIA (m)
1	○	□	⇨	D	▼	Almacenado del agua en tanques de captación	12 h
2	○	□	⇨	D	▽	Transporte por medio de bomba	2seg	0,7
3	●	□	⇨	D	▽	Filtro micro Z	1seg	0,8
4	●	□	⇨	D	▽	Filtro de carbón activo	1seg	0,5
5	●	□	⇨	D	▽	Ablandador	1seg	0,6
6	●	□	⇨	D	▽	Filtro de cartuchos	1seg	0,6
7	●	□	⇨	D	▽	Ozonificación	1seg	0,7
8	●	□	⇨	D	▽	Luz ultravioleta	1seg
9	○	□	⇨	●	▽	Captación de agua purificada en el segundo tanque	8h	1,6

	#	Tiempo (min)	Distancia (m)
○	6	0,13	3,2
□	0	0	0
⇨	1	0,03	0,7
▽	1	720	0
D	1	480	1,6
Total		1200,16	5,5

SIMBOLOGÍA					HOJA DE PROCESOS			
○	OPERACIÓN				DE : Envasado de Agua Purificada		Cantidad: 7200 Litros	
□	INSPECCION						Realizado por: Guido Sandobalin	
⇨	TRANSPORTE				Fecha: 2010-11-05	Revisado por: José Luis Mosquera		
D	ESPERA				Departamento de producción	Pág. 2 de 3		
▽	ALMACENAMIENTO							
SIMBOLO					PASOS DE PROCESO		TIEMPO	DISTANCIA (m)
1	○	□	⇨	D	▽	Descarga de botellones vacíos	5min
2	○	■	⇨	D	▽	Inspección visual y de olores de los botellones	5min
3	○	□	⇨	D	▽	Separación de botellones rechazados	2min	27
4	●	□	⇨	D	▽	Lavado de 2 botellones en la máquina lavadora	2min	14
5	●	□	⇨	D	▽	Paso de líquido del tanque de agua purificada al filtro pulidor	1seg	1,4
6	●	□	⇨	D	▽	Llenado de 2 botellones de 19 litros	30seg	1,7
7	●	□	⇨	D	▽	Colocación de capuchón	5seg	1,2
8	●	□	⇨	D	▽	Etiqueta y termo sellado	10seg	1,6
8	○	□	⇨	D	▽	Almacenado en bodega de botellones llenos	3h	3,7

	#	Tiempo (min)	Distancia (m)
○	5	2,46	19,9
□	1	5	0
⇨	2	7	27
▽	1	180	3,7
D	0	0	2,8
Total		194,46	53,4

SIMBOLOGÍA					HOJA DE PROCESOS					
○	OPERACIÓN				DE : Envasado de Agua en la Nueva Línea			Cantidad: 35 Litros		
□	INSPECCION							Realizado por: Guido Sandobalin		
⇨	TRANSPORTE							Revisado por: José Luis Mosquera		
⊐	ESPERA				Fecha: 2010-11-05					
▽	ALMACENAMIENTO				Departamento de producción		Pág. 3 de 3			
SIMBOLO					PASOS DE PROCESO			TIEMPO	DISTANCIA (m)	
1	○	□	⇨	⊐	▼	Almacenaje en la bodega de los envases de 5 litros		
2	○	□	⇨	⊐	▽	Transporte hacia la Máquina lavadora	2min	5,6		
3	●	□	⇨	⊐	▽	Lavado de 7 envases	10seg		
4	○	□	⇨	⊐	▽	Colocación de los envases en la banda transportadora	25seg		
5	●	□	⇨	⊐	▽	Llenado de los 6 envases con capacidad de 5 litros	25seg	3,1		
6	○	□	⇨	⊐	▽	Transporte hacia la máquina encapsuladora y colocación de tapas	2seg	1,9		
7	●	□	⇨	⊐	▽	Encapsulado de envases	60seg		
8	○	□	⇨	⊐	▼	Almacenaje en bodega	2min	11,2		

	#	Tiempo (min)	Distancia (m)
○	3	1,58	3,1
□	0	0	0
⇨	3	2,45	7,5
▽	2	2	11,2
⊐	0	0	0
Total	6	6	21,8

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los actuales momentos contamos con un servicio de agua potable que no controla de forma adecuada la purificación de la misma, por lo que si se realizara un examen de laboratorio se podría encontrar la existencia de agentes patógenos: bacterias, virus, protozoarios y parásitos que entran al agua que consumimos diariamente.

Los consumidores asocian el agua embotellada con salud y bienestar, algo que casi nadie se atreve a decir del líquido que sale del grifo en sus casas.

El consumo de agua embotellada ha ido creciendo a un ritmo constante en todo el mundo en los últimos 30 años. Es el sector más dinámico de toda la industria de la alimentación y la bebida; el consumo mundial aumenta en promedio un 12% anual, a pesar de su precio excesivamente alto comparado con el agua del grifo.

Durante la última década, las ventas de agua embotellada han aumentado, de manera considerable hasta convertirse en una industria de unos 100.000 millones de dólares.

Entre 2002 y 2007, el consumo mundial de agua embotellada saltó de 130,95 millones de litros a 188,8 millones de litros, de acuerdo con la Beverage Marketing Corporation. Los Estados Unidos consume la mayor parte del agua embotellada en el planeta 33,4 millones de litros, Alemania consume 10.300 millones de litros anuales, seguida por los 8.500 millones en Francia y los 5.500 millones en España.

En nuestro país se gastan unos \$ 17,26 millones mensuales en el consumo de bebidas no alcohólicas según el estudio hecho por Pulso Ecuador en una medición de agosto del 2005.

Idealmente, el cuerpo humano necesita consumir dos litros de agua diarios. Para satisfacer esta necesidad, cada vez son más las personas que han optado por consumir agua embotellada. Ya que se percibe como más segura y de mejor calidad, gracias al mayor control en el proceso de purificación a la que es sometida, para cumplir con lo

antes mencionado, GRANBOTTLE Cía. Ltda., cuenta en su planta con siete etapas de filtrado del agua como son, filtro micro z; filtro de carbón activo; ablandador, filtro de cartuchos y luz ultra violeta, ozonificación y filtro pulidor debido a lo expuesto el agua que se envasa en la planta es más segura y de mejor calidad.

A nivel mundial existen empresas que se han dedicado al proceso de filtrar el agua con medios, que garantizan su pureza haciéndola apta para el consumo humano, motivo por el cual la embotelladora GRANBOTTLE Cía. Ltda., en su afán de expandir su producción y satisfacer la demanda de clientes ha determinado la necesidad de diseñare e implementar una nueva línea de envasado con capacidad de 5 litros por envase, de manera la empresa lograría cubrir a un mercado no explotado totalmente en el sector norte del Distrito Metropolitano de Quito.

JUSTIFICACIÓN

Al elegir el equipo la primera consideración a tomar se relaciona con el grado de flexibilidad o adaptación deseada

Las máquinas y herramientas se pueden clasificar como de propósito general y de propósito especial.

Las máquinas de propósito general son las más flexibles y constituyen la mayoría de las máquinas y herramientas que se utilizan en la actualidad en contraste, las máquinas de propósito especial están diseñadas para efectuar un solo trabajo.

Tales máquinas tienen, la ventaja de efectuar operaciones específicas, de manera más rápida y a mayor escala que las máquinas de propósito general. Sin embargo, se caracterizan por su falta de flexibilidad ya que un cambio en el diseño del producto puede requerir su acoplamiento, desecho o cambio total.

Actualmente la empresa GRANBOTTLE Cía. Ltda. cuenta con una solo línea envasado y distribución de agua purificada en botellones de 20 litros.

No obstante el proceso de purificación de agua de la empresa fue diseñado y construido con una proyección a futuro, para poder manejar distintos tipos de recipientes con capacidad volumétrica variable, por este motivo GRANBOTTLE Cía. Ltda. desea potencializar su producción añadiendo una nueva línea de envasado, para galones con capacidad de 5 litros, aprovechar todo el sistema de purificación del agua con el que cuenta y que costa de los siguientes procesos: Tratamientos de reactivos, la filtración, osmosis inversa, almacenamiento de agua tratada.

Las operaciones que se realizan en la línea de embasado son, el esterilizado de los botellones al ser lavados por su parte interna y externa para eliminar todo micro organismo de los recipientes, que luego de este proceso son trasladados por una banda transportadora para ser llenados según el volumen del envase, por último al botellón se lo sella mediante una maquina encapsuladora y se lo etiqueta para identificar la fecha de fabricación y el tiempo máximo de consumo.

Debido a lo competitivo del mercado de aguas purificadas envasadas la empresa GRANBOTTLE Cía. Ltda. en su visión de expandir su productividad y versatilidad, ha adquirido una lavadora de envases, banda transportadora y llenadora, con el fin de flexibilizar su producción e incursionar con otros envases de agua purificada; pero no cuenta con un conjunto terminado de una línea de envasado de agua purificada que le garantice iniciar este nuevo producto, por tal motivo, se realizará la implementación de todos los elementos con los que cuenta la empresa, en un conjunto que garantice la línea de embasado continuo.

Al mismo tiempo se realizará el diseño de la máquina encapsuladora en la que sellaremos los recipientes un vez se han terminado el recorrido de los envases.

OBJETIVO GENERAL

Incrementar la productividad de la empresa GRANBOTTLE Cía. Ltda. mediante el diseño e implementación de una nueva línea de envasado de agua purificada automatizada en envase de 5 litros

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar la situación actual de la empresa GRANBOTTLE Cía. Ltda. de manera que pueda hacer frente a las condiciones fluctuantes del mercado y de los procesos de producción vigentes.
- Diseñar la nueva línea de envasado para recipientes de 5 litros, con el fin de obtener un nuevo producto que haga más competitiva a la organización.
- Construir una máquina encapsuladora que facilite el sellado de los recipientes de agua purificada en el final de la línea de envasado.
- Implementar la línea de producción utilizando una lavadora de envases, una banda transportador y una máquina llenadora, las que han sido adquiridas por la empresa, se realizará la automatización del sistema para validar la operación y el funcionamiento de la línea de envasado de agua.

HIPÓTESIS GENERAL

El proceso de purificación de agua de la empresa fue diseñado y construido, para poder manejar distintos tipos de recipientes con capacidad volumétrica variable. En los actuales momentos la producción de la empresa, no logra cubrir la demanda actual del mercado, en recipientes de 5 litros, ya que no tiene variedad, y diversidad de producción lo que ocasiona que los clientes busquen satisfacer sus necesidades con la compra de productos de otras empresas.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- La ocupación del espacio físico de la empresa se presta para crear las innovaciones tecnológicas necesarias, con lo que se acondicionan las líneas existentes para que puedan ser utilizadas indistintamente en la elaboración de todos los productos.
- La falta de diversidad y variedad en la producción del agua purificada en distintos tipos de envases, ocasiona que el diseño actual de la embotelladora no de los resultados esperados.
- El diseño de la máquina encapsuladora está realizado con el fin de maximizar la productividad y reducir al mínimo los costos operativos de la empresa.
- La implementación de la nueva línea de envasado permitirá automatizar el proceso de producción actual.

ALCANCE

La línea de producción cuenta con tres etapas que son enjuagado, llenado, encapsulado, los que son desarrolladas como un conjunto en la línea de envasado de nuestro nuevo producto.

El control del proceso de envasado se ejecutará con la automatización de todo el conjunto con ayuda de un PLC, que controlará los procesos que están involucrados en el llenado de los depósitos de 5 litros y estos son, el avance de la banda transportadora, que lleva los recipientes hasta la llenadora, lugar en el que en un tiempo determinado se llenan con un volumen ya definido, quedando listos para ser sellados con la encapsuladora y pasar a ser almacenados para la distribución a los clientes de la empresa.

CAPITULO 1

LA EMPRESA “GRANBOTTLE Cía. Ltda.”

1.1 Descripción de la empresa

La empresa “GRANBOTTLE Cía. Ltda.” empezó sus actividades administrativas en el mes de marzo año 2006 y su producción de agua purificada en el mes de Diciembre del mismo año, ofreciendo un agua envasada de alta calidad en el sector Norte del Distrito Metropolitano de Quito satisfaciendo las necesidades de la comunidad.

GRANBOTTLE es una empresa 100% ecuatoriana, creada para comercializar todo tipo de productos relacionados con la solución a problemas de purificación y tratamiento de agua. El objetivo es proporcionar a los clientes la mejor agua purificada, al más bajo costo en el mercado nacional.

El sistema de purificación con el que cuenta la empresa consta de equipos y procesos modernos que garantizan la purificación y la eliminación de bacterias del agua tratada, estos se pueden ver en la figura N°1:

- a. Captación y sedimentación.
- b. Filtro micro Z
- c. Filtro de carbón activo
- d. Ablandador (suavizador)
- e. Filtro de cartuchos
- f. Ozonificación
- g. Luz ultravioleta
- h. Filtro pulidor



Figura N°1 Filtros purificadores del agua.

Misión

Producir comercializar agua purificada de la más alta calidad cumpliendo normas y estándares nacionales e internacionales, con el fin de satisfacer las necesidades de nuestros clientes con tecnología de punta y personal altamente calificado.

Visión

Ser reconocidos como una empresa dedicada al tratamiento de agua purificada que brinda la primera opción de compra en el mercado de agua embotellada, por tener los más altos índices de calidad y precios al alcance de todos, distinguiéndonos por nuestro excelente servicio, buscando la mayor cobertura posible.

1.2 Generalidades

1.2.1 Productos

GRANBOTTLE por ser una empresa joven cuenta solamente con un producto, “ALTA SIERRA AGUA PURIFICA” envasado en botellones de 19 litros de capacidad.

En la figura N°2 se puede observar la parte final de la actual línea de envasado, y los elementos que la conforman.

- h. Filtro pulidor
- i. Botellones a ser lavados
- j. Máquina lavadora
- k. Llenadora de botellones



Figura N°2 Llenado manual de los botellones.

1.2.2 Registro sanitario

N°2093INHCAN0906

PERMISO DE FUNCIONAMIENTO: 16, 2,2-29749

1.2.3 Normas INEN para el agua

Las siguientes normas se detallan en el anexo B

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 200:98 “Agua purificada envasada. Requisitos.”

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 176:98 “Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.”

1.2.4 Nivel de producción

Los niveles de producción de la empresa según sus registros se muestran en la tabla N°1

Tabla N°1 Nivel de producción de la empresa

Año	Número de botellones	Volumen de agua envasada en litros
2007	22720	454400
2008	27066	541320
2009	23537	47740
2100	21900	43800

Nota: la producción del 2010 consta solamente hasta el mes de octubre.

1.2.5 Situación actual

La empresa GRANBOTTLE cuenta con procesos que garantizan un producto de óptimas condiciones sanitarias, libre de microorganismos.

Por ser una empresa joven y contar con el espacio físico adecuado así como con las condiciones necesarias para poder diversificar su producción se dispuso la puesta en marcha de una nueva línea de envasado de agua purificada en envases con una capacidad volumétrica de un cinco litros.

En el anexo A se indica el lay out de la planta para la purificación del agua y su embotellamiento, así como su hoja de procesos.

CAPITULO 2

EL AGUA

2.1 Introducción

El agua es la sustancia más abundante en la naturaleza, y las tres cuartas partes de la tierra están cubiertas por agua. Además es una de las pocas sustancias que se presenta en la naturaleza en sus tres estados; como son el sólido en los casquetes polares y glaciares, en líquido por ejemplo, en los ríos, océanos, lago y gaseosos en la niebla, nubes o vapor de agua de la atmósfera.

El agua es fuente de vida, toda la vida depende del agua. El agua constituye un 70% de nuestro peso corporal. Se necesita agua para respirar, para lubricar los ojos, para desintoxicar nuestros cuerpos y mantener constante su temperatura. Por eso, aunque un ser humano puede vivir por más de dos semanas sin comer, puede sobrevivir solamente tres o cuatro días sin tomar agua. Las plantas serían incapaces de producir su alimento y de crecer sin el agua.

El agua en estado sólido

El hielo tiene una densidad de $0,92 \text{ g/cm}^3$, más baja que la del agua en estado líquido, que es de 1 g/cm^3 . Esto hace que el hielo flote sobre el agua.

En los polos, hay unos inmensos casquetes de hielo, que flotan sobre el mar, de los que en épocas de deshielo en primavera y verano se desprenden grandes masas de hielo, llamadas icebergs, peligrosos para la navegación.

El hielo ocupa un volumen mayor que el agua líquida, para una misma cantidad o masa de ambos. Esto hace, por ejemplo, que si queremos congelar agua en un recipiente cerrado, no podamos llenarlo del todo, porque si lo hiciéramos, al formarse el hielo el recipiente reventaría.

El agua en estado líquido

El agua pasa del estado sólido al líquido a la temperatura de 0 °C. Precisamente para calibrar los termómetros, se toma como valor cero (0 °C), el punto de congelación.

En estado líquido, el agua, pura o mezclada con sales y otras sustancias, forma parte de los seres vivos.

El agua en estado gaseoso

El agua líquida se transforma en gas a la temperatura de 100°C. El segundo valor que se toma para calibrar los termómetros, es 100 °C, que corresponde al punto de ebullición.

En estado gaseoso el agua está por todas partes, incluso en los desiertos. La evaporación y la condensación son procesos que forman un ciclo continuo, llamado ciclo del agua, que hace que esta se reparta por toda la biosfera terrestre como se muestra en la figura N°3.



Figura N° 3 Ciclo del agua

2.2 Definición

Es el compuesto formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O), presenta propiedades como son el ser líquida, inodora, insípida e incolora.

2.2.1 Características

Como principales características de este líquido se tiene que a temperatura ambiente es:

- a. Inodora. Que no tiene olor.
- b. Incolora. Que carece de color.
- c. Insípida. Falto de sabor.

El agua líquida puede disolver muchas sustancias, como las sales minerales que necesitan las plantas y la mayoría de los organismos vivos; puede incluso disolver gases como el oxígeno que respiran los peces, el mismo que se encuentra disuelto en el agua del mar.

Debido a sus propiedades, se utiliza como patrón para definir muchas unidades físicas, por ejemplo, para definir la caloría (la unidad de calor), el grado centígrado (la unidad de temperatura) o el gramo (la unidad de masa).

Es el compuesto con el calor latente de vaporización más alto, 540 cal/g (2,26 kJ/g) y con el calor específico más alto después del litio, 1 cal/g (4,18 J/g).¹

2.2.2 Importancia y distribución

El agua es fundamental para todas las formas de vida conocida. Los humanos consumen agua potable. Los recursos naturales se han vuelto escasos con la creciente, población mundial y su disposición en varias regiones habitadas es la preocupación de muchas organizaciones gubernamentales.

¹ Wikipedia, la enciclopedia libre, Agua,20-08-09, <http://es.wikipedia.org/wiki/Agua>

El agua cubre tres cuartas partes (71 por ciento) de la superficie de la tierra, pese al área por la cual se extiende, la hidrósfera terrestre es comparativamente bastante escasa. A pesar de que es una sustancia tan abundante, sólo supone el 0,022% de la masa de la tierra. Se puede encontrar esta sustancia en prácticamente cualquier lugar de la biosfera y en los tres estados de agregación de la materia: sólido, líquido y gaseoso.

El agua representa entre el 50 y el 90% de la masa de los seres vivos, aproximadamente el 75% del cuerpo humano es agua; en el caso de las algas, el porcentaje ronda el 90%.

En la superficie de la Tierra hay unos 1.360.000.000 km³ de agua que se distribuyen de la siguiente forma:

1. 1.320.000.000 km³ (97,2%) son agua de mar.
2. 40.000.000 km³ (2,8%) son agua dulce.
3. 25.000.000 km³ (1,8%) como hielo.
4. 13.000.000 km³ (0,96%) como agua subterránea.
5. 250.000 km³ (0,02%) en lagos y ríos.
6. 13.000 km³ (0,001%) como vapor de agua.²

2.2.3 Tipos de aguas

Aguas naturales

Aquellas cuyas propiedades originales no han sido modificadas por la actividad humana; y se clasifican en:

- a) Superficiales, como aguas de lagos, lagunas, pantanos, arroyos con aguas permanentes y/o intermitentes, ríos y sus afluentes, nevados y glaciares;
- b) Subterráneas, en estado líquido o gaseoso que afloran de forma natural o por efecto de métodos artificiales;

² Wikipedia, la enciclopedia libre, Agua,20-08-09, <http://es.wikipedia.org/wiki/Agua>

c) Meteóricas o atmosféricas, que provienen de lluvias de precipitación natural o artificial.

Las aguas naturales según su salinidad se clasifican como sigue:

- Según el tipo de agua (Con sólidos disueltos totales en mg/l)³
 1. Dulce, menor a 1.500
 2. Salobre, desde 1.500 hasta 10.000
 3. Salina, desde 10.000 hasta 34.000
 4. Marina, desde 34.000 hasta 36.000
 5. Hiperhalina, desde 36.000 hasta 70.000

- Según sus propiedades para el consumo:

Potables: Son las aguas que son aptas para el consumo humano. Se consideran aptas aquellas aguas que no tienen materias disueltas perjudiciales para la salud (substancias en suspensión o microorganismos).

Dentro de las aguas potables se tiene:

- Según la cantidad de minerales que tengan disueltos:

Duras: son las que tienen muchos minerales como el calcio y el magnesio. Esta agua se caracteriza porque produce muy poca espuma cuando se junta con el jabón. Otra de las características de las aguas duras es la cantidad de residuos que dejan en el vaso cuando el agua se evapora o en los trastes después de hervirla. Estos mismos residuos se incrustan en los lavavajillas o lavadoras y las estropean más que las aguas blandas. Las aguas duras suelen proceder de fuentes subterráneas en las que el agua ha tenido que atravesar diferentes capas de minerales. La disolución y arrastre de estos minerales es lo que le proporciona la dureza.

³ Glosario del Agua- Temas de Aguas, Agua Purificada Bonatura, 20-08-09,
<http://www.bonatura.com/terminos.htm>

Blandas: Son las que tienen muy pocos minerales. Producen mucha espuma cuando se las mezcla con el jabón. Las aguas de pozo o aquellas que proceden de aguas superficiales suelen ser blandas. El agua más blanda es la destilada que no posee ningún mineral. Esta no es apta para el consumo humano.

No potables: Son aquellas aguas que no son aptas para el consumo humano.

- Según su procedencia.

Aguas superficiales: Son las que proceden de los ríos, los lagos, los pantanos o el mar. Para que resulten potables, deben someterse a un tratamiento que elimina los elementos no deseados, tanto las partículas en suspensión como los microorganismos patógenos. Estas partículas son fundamentalmente arcillas que el río arrastra y restos de plantas o animales que flotan en ella. A todo ello hay que sumar los vertidos que realizan las fábricas y las poblaciones. Para eliminar las impurezas físicas se utilizan fundamentalmente procedimientos de decantación que las hacen precipitar al fondo.

Las bacterias son eliminadas por procedimientos químicos o biológicos. El aumento de la población ha obligado a reutilizar el agua de los ríos, sobre la que se vierte gran cantidad de contaminantes, para ello se ha tenido que instalar grandes plantas potabilizadoras con la finalidad de convertir estas aguas no potables en aguas aptas para el consumo humano. Igualmente se han tenido que instalar en algunos lugares con pocos recursos hídricos plantas desalinizadoras que potabilizan el agua del mar. Con todo ello se obtiene la llamada "agua de grifo" que resulta apta para el consumo humano, aunque la calidad y las características de la misma resulten poco apetecibles.

Aguas subterráneas: Son aquellas que proceden de un manantial que surge del interior de la tierra o la que se obtiene de los pozos. Estas aguas presentan normalmente un grado de contaminación inferior a las superficiales, pero, en la mayoría de los casos, deben tener un tratamiento previo antes de ser aptas para el consumo humano. El agua de los pozos se utiliza para el suministro de aguas potables. El agua de manantial puede suministrarse a

través de la red de agua potable o utilizarse para embotellarse. Las aguas embotelladas, según sus características y proceso de embotellamiento, pueden ser:

Aguas de manantial: Suelen ser aguas potables procedentes de una fuente (a veces de la misma red de distribución de aguas) que ha sido sometidas a un proceso de potabilización y filtrado especial para hacerlas aptas para el consumo y proporcionarles mejor sabor y eliminar posibles olores. Muchas veces se le suele añadir anhídrido carbónico.

Aguas minerales: Se consideran aguas minerales aquellas que proceden de un manantial subterráneo protegido y, a diferencia de otro tipo de aguas, presentan una riqueza constante de minerales no inferior a 250 partes por millón, siendo estos minerales de procedencia natural y no añadida. El embotellamiento debe producirse en su lugar de origen y el agua debe estar libre de microbios patógenos.

2.3 Tratamiento del agua

Con relativamente pocas excepciones, las fuentes de agua potable requieren cierto tipo de tratamiento antes de su distribución a los consumidores. En particular, esto es así para las aguas superficiales. Los contaminantes que resultan de la erosión de la tierra, la disolución de minerales y la degradación de la vegetación siempre están presentes en muy diversas proporciones en los arroyos y es necesario eliminarlos para transformar esa agua en potable. Esta necesidad de tratar el agua se ha incrementado en los últimos tiempos debido a la contaminación adicional que generan los complejos industriales y agrícolas en expansión, así como el ser humano.

Los objetivos generales del tratamiento de agua potable son:

- Eliminar cualquier materia tóxica o que provoque riesgos a la salud.
- Eliminar o inhibir los organismos causales de enfermedades.
- Obtener un agua de calidad consistente y estable.
- Mejorar la aceptación visual del agua por el consumidor.

Organismos Coliformes

Estos muestran si el agua se encuentra o no contaminada con materia fecal, la densidad de población de coliformes en el agua indicará el nivel de contaminación.

Análisis bacteriológico del agua para beber

Para poder saber si todos los suministros de agua ya sean públicos o privados son seguros para que las personas las usen con fines alimenticios, se deberán recoger muestras periódicamente y analizarlas para verificar su contenido bacteriológico, especialmente de microorganismos coliformes. Las muestras deben ser recolectadas en varios puntos de muestreo de la red de distribución como en el sistema de tuberías así como en la planta o fuente de suministro de los sistemas públicos o en los grifos o espitas de los sistemas privados. Personal del departamento de salud pública deberá ofrecer asesoramiento y asistencia en el muestreo y deberá recomendar la cloración de dichos suministros cuando el tratamiento químico es aconsejable o necesario. Botellas estériles para la recolección de estudios bacteriológicos deberán ser utilizadas para estos análisis.

Como se recomienda que las muestras sean proporcionadas en intervalos regulares se encomienda que las personas encargadas del envío de estas empaquen las mismas en un envoltorio fuerte para que las proteja y en el laboratorio se pueda mandar las botellas estériles en el mismo.

2.3.1 Tratamiento del agua potable

Uno de los grandes logros de la tecnología moderna ha sido la reducción drástica de las enfermedades de transmisión por el agua como el cólera y la fiebre tifoidea, la clave de este avance fue el reconocimiento de que la contaminación del abasto público de agua con desechos humanos era la fuente principal de infección y se podía eliminar tratando el agua de manera más eficaz y eliminando los residuos de una forma más apropiada. La filtración del agua potable fue realizada en 1802 por Paisley, en Escocia, y por los vendedores de agua en Londres, Inglaterra, en 1828. En estados Unidos, la ciudad de Poughkeepsie,

Nueva York, practicó por primera vez la filtración del agua potable en 1872. En la ciudad de Quito los primeros tanques de recolección y purificación de agua iniciaron la potabilización en el año de 1913.

Retención de sólidos

Luego de la recolección de agua, el líquido vital pasa por un primer filtro en el que se retiene sólidos grandes como troncos, animales muertos, rocas, ramas y hojas.

Oxigenación

La oxigenación o la aireación se utiliza para eliminar las cantidades excesivas de hierro y manganeso de las aguas subterráneas. Estas sustancias causan problemas de sabor y color, interfieren con el lavado de la ropa, manchan los accesorios de plomería y favorecen el crecimiento de bacterias férricas en tuberías maestras. Al burbujear aire en el agua, o al crear contacto entre el aire y el agua por aspersion el hierro o manganeso disuelto (Fe^{+2} , Mn^{+2}) se oxidan a una forma menos soluble (Fe^{+3} , Mn^{+4}) que se precipita y se puede separar en un tanque de sedimentación o un filtro. La aireación elimina también los olores que causa el sulfuro de hidrógeno (H_2S) gaseoso.

Floculación rápida / floculación lenta

Es un procedimiento químico y físico por el cual las partículas que son demasiado pequeñas para separarse por sedimentación se desestabilizan y se aglomeran para acelerar su asentamiento. Un porcentaje significativo de partículas en suspensión es tan pequeño que su sedimentación hasta el fondo del tanque tomaría días o semanas. Estas partículas coloidales nunca se asentarían por sedimentación simple.

La coagulación es un proceso químico que se utiliza para desestabilizar partículas coloidales, y consiste en agregar un producto químico que aporta iones con carga positiva al agua que contiene coloides con carga negativa. Las reacciones que se originan reducen las tendencias de los coloides a repelerse entre sí. Se requiere un mezclado rápido de alrededor de 30 segundos para dispersar el coagulante. En seguida, se lleva a cabo un mezclado suave de la suspensión, llamado floculación, a fin de favorecer el contacto entre

partículas. Esto se consigue por mezclado mecánico mediante el uso de paletas que giran lentamente dentro del tanque de coagulación/ floculación, o por mezclado hidráulico, el cual se produce cuando el flujo se dirige por encima y alrededor de los deflectores del tanque. El tiempo de retención en el tanque de coagulación/ floculación varía normalmente entre 20 y 40 minutos en un tanque de 3 a 4 metros de profundidad. Por medio de este proceso químico y físico combinado de coagulación/ floculación, las partículas coloidales que no se asientan por sedimentación simple se aglomeran para formar sólidos mas grandes llamados flóculos. Estos tienen aspectos de grumos esponjosos de forma irregular y son capaces de atrapar las partículas pequeñas no coaguladas al asentarse en el fondo. El sulfato de aluminio (alumbre) es el coagulante más común, pero se pueden utilizar también polímeros orgánicos, solos o en combinación con el alumbre, para mejorar la floculación. La suspensión de flóculos se transfiere con cuidado de los tanques de coagulación/ floculación a tanques de sedimentación, o directamente a filtros donde se separan los flóculos.

El proceso de floculación coagulación descrito se puede observar en la figura N°4.

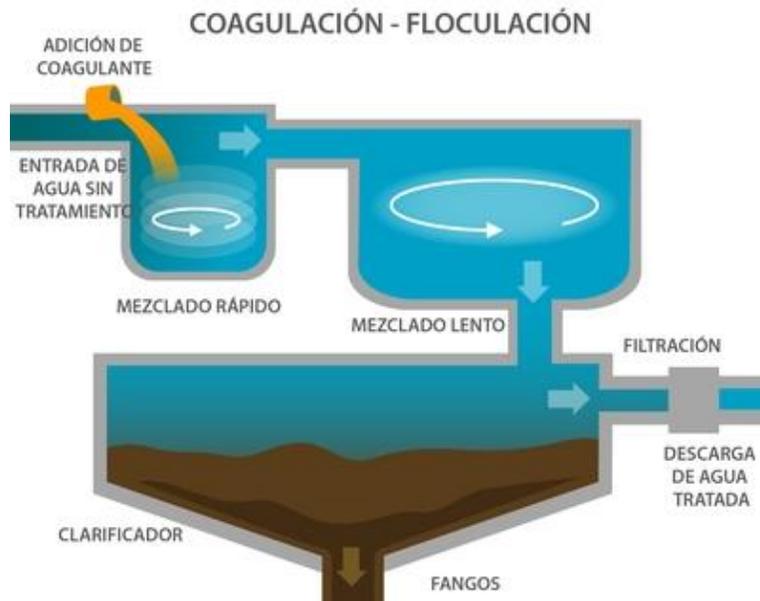


Figura N° 4 Tratamiento del agua mediante coagulación-floculación.

Sedimentación

Es la forma de tratamiento de agua más antigua y de uso más extendido, emplea el asentamiento por gravedad para separar las partículas del agua. Es un método relativamente sencillo y económico que se puede aplicar en estanques redondos, cuadrados o rectangulares. Las partículas suspendidas en las aguas de superficie varían en cuanto a tamaño: de 10^{-1} a 10^{-7} mm de diámetro que es el tamaño de la arena fina y de las pequeñas partículas de arcilla, respectivamente. La turbidez o nebulosidad del agua se deben a partículas mayores de 10^{-4} mm en tanto que la de menos de 10^{-4} mm contribuyen al color y sabor del agua. Este tipo de partículas muy pequeñas se pueden considerar, para fines de tratamiento, como disueltas y no como particuladas.

El agua que contiene materia particulada fluye con lentitud a través de un tanque de sedimentación, y de esta manera se retiene el tiempo suficiente para que las partículas más grandes se asienten en el fondo antes de que el agua clarificada salga del tanque por un vertedero en el extremo de la salida, en la figura N°5 se puede ver la acción de este proceso. Las partículas que se han sedimentado en el fondo del tanque se extraen de forma manual o por medio de raspadores mecánicos para descargarse en un alcantarillado, devolverse a la fuente de agua si ello es permisible, o almacenarse en el local con vistas a su posterior tratamiento o eliminación.

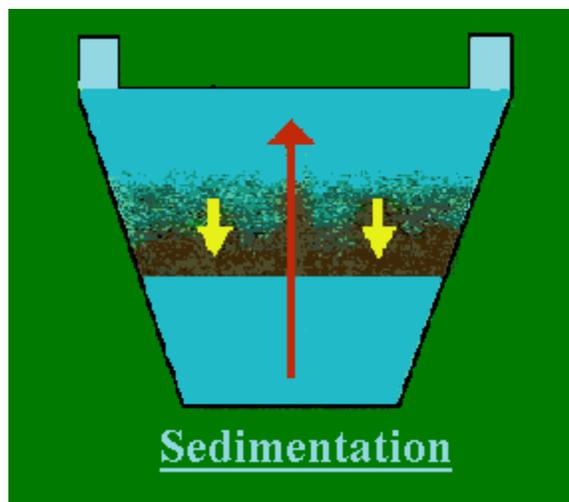


Figura N° 5 Tratamiento del agua mediante sedimentación.

Se sedimentan partículas cada vez más pequeñas a medida que se incrementan el tiempo de retención utilizando tanques más grandes. La separación de partículas más pequeñas por sedimentación simple sería poco práctica debido al alto costo de construcción de un tanque de sedimentación de tamaño suficiente para permitir el tiempo de sedimentación necesario. El tiempo de retención típico es de tres horas en tanques de 3 a 5 metros de profundidad. Las partículas demasiado pequeñas para sedimentarse en este tiempo se deben eliminar por filtración o por otros métodos.

Filtro de arena

Procesan agua a una velocidad de 80 a 160 L/min por cada m^2 o más, el medio filtrante emplea capas de arenas que van desde la más fina a una grava gruesa; entre las cuales se tiene arena fina, grava, gravita, piedra de río, piedra pómez, piedra cerámica como se presenta en la figura N° 6.

Estos filtros se alojan ordinariamente en un edificio para proteger el agua de la intemperie y de posibles fuentes contaminantes. El agua clarificada de los tanques de sedimentación fluye al interior de la caja de filtro y recorre por gravedad el lecho filtrante hasta los desagües inferiores los cuales conducen a depósitos de almacenamiento para el agua tratada. La velocidad a la cual el agua atraviesa un filtro disminuye poco a poco a medida que se acumulan partículas en los granos del filtro y se reduce el tamaño de los poros; y en tal caso se realiza una operación que se conoce como lavado a contracorriente. Se bombea agua a presión a través de los tubos de desagüe inferiores y hacia arriba, a través del filtro.



Figura N° 6 Tratamiento del agua mediante filtración por arena.

Desinfección

Para asegurar que el agua está libre de bacterias perjudiciales es necesario desinfectarla. La cloración es el método más común para desinfectar el abasto público de agua. Se agrega cantidades suficientes de cloro al agua tratada para matar las bacterias patógenas, es un procedimiento de desinfección confiable, relativamente económico y fácil de aplicar.

En ciertos casos se agrega también fluoruro por su capacidad para retardar la caries dental. Después, el agua se bombea (por medio de bombas de carga alta) al sistema de distribución para surtir a los clientes y para mantener los niveles de agua en los depósitos de almacenamiento si es necesario. La rapidez con la que se mueve el agua en una planta de tratamiento normalmente se basa en la demanda diaria máxima, más que en la media, con lo cual se reduce la necesidad de contar con una gran capacidad de almacenamiento y, durante las horas de baja demanda, se pueden parar secciones de la planta para su mantenimiento.

2.3.2 Agua purificada

El proceso para la purificación del agua no ha cambiado mucho a lo largo del tiempo, ya que hasta hace unos 40 años, el proceso se hacía a través de filtros, los primeros magnéticos y actualmente de carbón activado.

A partir de 1980 empieza la fabricación de envases de plástico en diferentes presentaciones de 20 y 24 litros. La presentación en este tipo de productos hace más resistentes y manejables.

Actualmente existen máquinas que realizan las funciones de lavado, envasado y taponado, así como equipos que realizan la purificación y filtración de agua.

Los pasos de purificación el agua se detallan de forma esquemática en las figura N°7 y N°8.

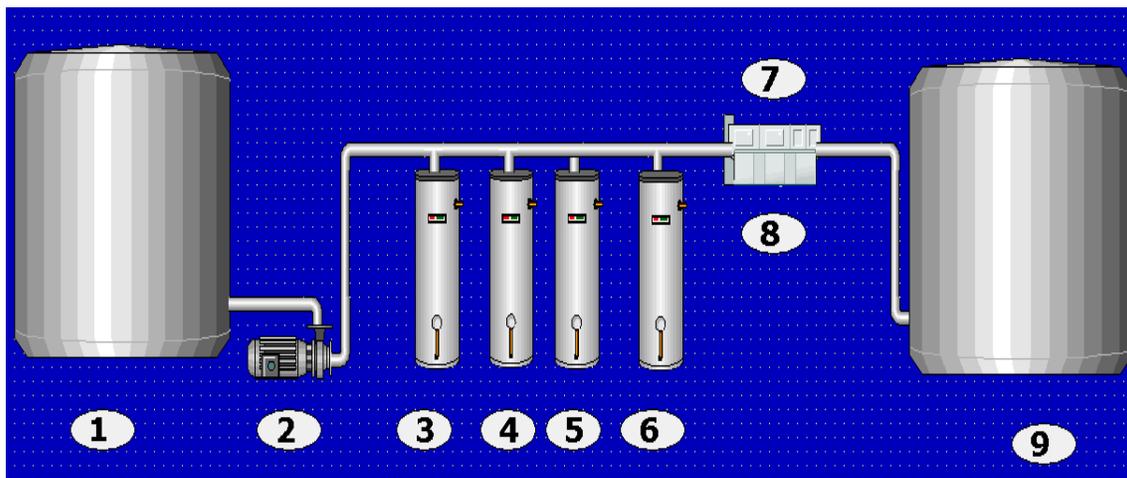


Figura N° 7 Esquema de los procesos de filtrado del agua a ser purificada.

1) Recepción de agua potable.

Se recibe el agua potable, suministrada por la red municipal. La cual llega con una elevada carga mineral, por lo que justifica su purificación para el consumo humano. Esta agua se capta en tanques de polietileno, los cuales se lavan y sanitizan periódicamente.

2) Bombeo a los equipos de filtración.

El agua se suministra a los equipos de filtración mediante una bomba sumergible, la cual es muy silenciosa y proporciona el caudal y la presión necesarios para llevar a cabo eficientemente la filtración.

3) Filtro de sedimentos (micro Z).

Este filtro detiene las impurezas (sólidos hasta 5 micras) que trae el agua al momento de pasar por las camas de arena. Este filtro se regenera periódicamente retrolavándose a presión, para desalojar las impurezas retenidas.

4) Filtro de carbón activado.

El agua se conduce por columnas con carbón activado, donde se elimina eficientemente el cloro, sabores y olores característicos del agua, además de una gran variedad de contaminantes químicos orgánicos, tales como: pesticidas, herbicidas, e hidrocarburos

5) Suavizador.

Este filtro remueve del agua minerales disueltos en la forma de calcio, magnesio, y hierro. La remoción de estos minerales se logra por medio de un proceso de intercambio iónico al pasar el agua a través del tanque de resina. El suavizador disminuye las sales disueltas antes de pasar al equipo de osmosis inversa.

6) Filtro de cartuchos.

Son filtros para eliminación de sedimentos en el agua en diferente tamaño de partícula, el tamaño de poro varía de 1 micra hasta 50, dependiendo del uso que se le quiera dar.

7) Esterilizador de luz ultravioleta.

Funciona como germicida, anula la vida de las bacterias, gérmenes, virus, algas y esporas que vienen en el agua. Los microorganismos no pueden proliferarse ya que mueren al contacto con la luz.

8) Ozonificación.

El ozono se utiliza para la desinfección de agua ya que descompone agresivamente a los organismos vivos sin dejar residuos químicos que puedan afectar la salud o el sabor del agua.

Con este proceso se garantiza que en un período de 30 días, en el agua no se formarán ningún tipo de bacteria o germen una vez realizado este proceso.

9) Captación de agua purificada.

El agua ya purificada se almacena en otro tanque de polietileno.

10) Bombeo final.

El agua purificada se bombea mediante un equipo hidroneumático luego al filtro pulidor y finalmente a los llenadores.

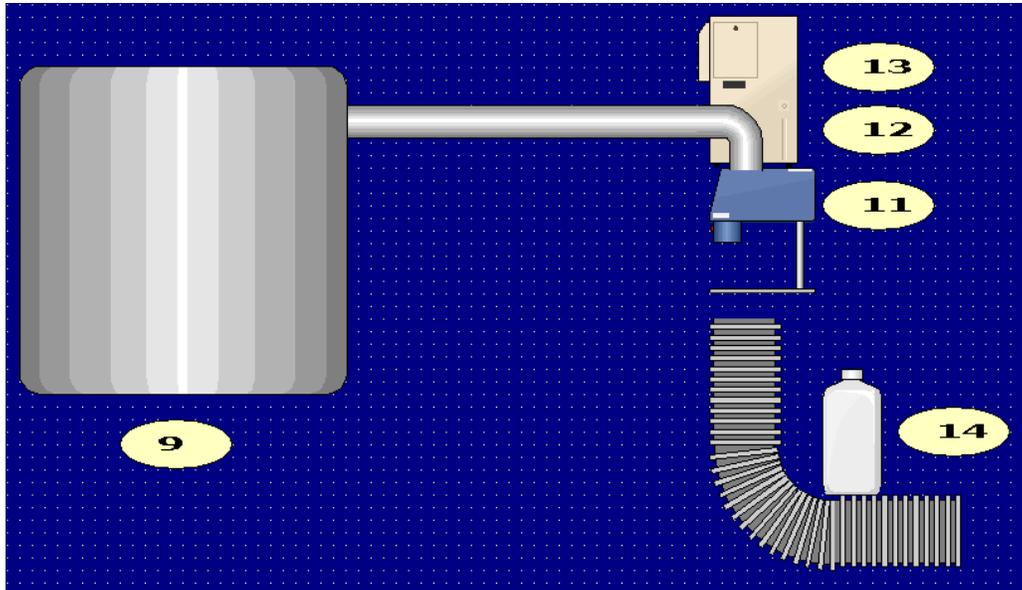


Figura N° 8 Esquema de lavado y llenado de los botellones del agua purificada.

11) Filtro pulidor.

La función de este filtro es de detener las impurezas pequeñas (sólidos hasta 5 micras). Los pulidores son fabricados en polipropileno grado alimenticio (FDA). Después de este paso se puede tener un agua brillante, cristalina y realmente purificada.

12) Lavado exterior.

De manera muy independiente se lleva a cabo el proceso de recepción, y lavado exterior del envase, el cual se ejecuta por medios mecánicos, jabón biodegradable y agua suavizada.

13) Lavado interior.

Después del lavado exterior, el envase se lava interiormente mediante una solución sanitizante a presión y se enjuaga mediante agua caliente a 60°C.

14) Llenado.

Finalmente se llena el envase, se coloca una nueva tapadera, se seca y se embodega para su posterior distribución a los clientes.

2.3.2.1 Criterios de calidad

El agua de un sistema de filtración debe estar por debajo o igual a 0.5 NTU (Unidad de medición de la turbiedad) en cuanto al menos un 95% de las pruebas que se toman cada mes, y ninguna muestra deberá exceder los 0.5 NTU.⁴ Aparte, las muestras de turbidez en el agua deberán ser tomadas cada 4 horas. Así un sistema funcionando las 24 horas del día estaría traspasando los límites si 10 o más de las 180 tomas requeridas exceden los 0.5 NTU.

Los sistemas que sirvan a menos de 500 personas pueden reducir su frecuencia de muestreo a 1 muestra diaria.

Los departamentos de salud en promedio permiten turbidez de hasta 1.0 NTU en 95% de las pruebas mensuales si el sistema provee lo siguiente:

- Deficiencias mínimas notadas en la inspección del sistema.
- Un historial de muestreo y operación bueno,
- Emplea un número de operadores de componentes adecuados, y
- Provee datos de estudios de rastreo aceptables.

⁴ Agua Purificada, Proveemos de agua purificada bajo las marcas registradas Eutek y Aquaker, 20-08-09, http://www.aguadecalidad.com/agua_purificada_en_garrafon__botella_personalizada.htm

Dureza

La dureza no está considerada en los estándares de agua para beber. En su lugar está cubierto el nivel sólidos totales disueltos.

La dureza temporal o carbonatada, puede ser eliminada por la ebullición o precipitación o la adición de sales de calcio precipitado como CaCO_3 a un pH de 9.4 y el magnesio es precipitado a un pH de 10.6 como $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

La dureza es medida en gramos por galón y clasificada como identifica en la tabla N°2

Tabla N°2 Grado de dureza del agua

Menos de 1 gpg	Suave
1 a 3.5 gpg	ligeramente dura
3.5 a 7.0 gpg	moderadamente dura
7.0 a 10.5 gpg	dura
más de 10.5 gpg	muy dura

Fuente: Agua Purificada, Proveemos de agua purificada bajo las marcas registradas Eutek y Aquaker, 20-08-09, http://www.aguadecalidad.com/agua_purificada_en_garrafon_botella_personalizada.htm

Alcalinidad

La alcalinidad puede estar presente en el agua como bicarbonatos, carbonatos, o hidróxidos. El tipo de alcalinidad presente depende del pH del agua. Si el pH es menos de 8.3 toda la alcalinidad es debida a bicarbonatos. Si el pH está entre 8.3 y 10.6 el agua tendrá alcalinidad de carbonatos y bicarbonatos. Si el pH está por encima de 10.6 pueden estar presentes tanto carbonatos como hidróxidos.

Hay una relación entre la alcalinidad y la dureza del agua.

Si la alcalinidad total excede la dureza total toda la dureza puede ser temporal o de carbonatos y la alcalinidad en exceso es debida al sodio.

Si la alcalinidad y la dureza total son iguales toda la dureza es producto de los carbonatos.

Si la alcalinidad total es menor a la dureza total, la dureza de carbonatos es igual a la alcalinidad total y el exceso de dureza es permanente o no carbonatada.

pH

El pH es la medida de acidez o basicidad en el agua. Mide la concentración de iones hidrogeno presente en el agua. Es expresado en una escala numérica que va del 0 al 14 que es el recíproco del logaritmo de la concentración de iones hidrogeno. Un pH de 7 es neutral, menor a 7 es ácido, y mayor a 7 indica agua básica.

Sodio

Un alto contenido de sodio puede ser significativo desde el punto de vista de salud pública y desde el punto de vista de potabilidad. A veces el contenido de sodio es tan alto que el agua no es potable, y no se lo puede remover por precipitación química debido a su solubilidad por lo que requiere de un proceso de desionización para su remoción.

Medición de impurezas

Aunque el monto de impurezas encontradas en el agua es usualmente pequeño en peso por galón, el volumen de agua usado en las casas es grande. Aun pequeños montos de impurezas pueden causar problemas severos porque el promedio de consumo de agua en una casa en la ciudad de Quito es de 39,63 galones por persona en un día o lo que es lo mismo 150 litros, teniendo un desperdicio de 100 litros según la Organización de Mundial de la Salud ya que solo se debería usar uno 50 litros en promedio por persona para satisfacer sus necesidades de beber, cocinar, higiene personal y limpieza.

La unidad común para medir dureza en el agua es de granos por galón (gpg), otra medida común para medir las impurezas en el agua es el miligramo por litro (mg/l).

Valor de un análisis químico

El reporte de un análisis químico de una fuente de agua de un laboratorio será de mucha ayuda para establecer procedimientos de operación cuando son interpretados correctamente. El reporte debe revelar si la calidad del agua cumple con los estándares de salud pública o la que es requerida para alguna industria en específico. Analizando la calidad del agua tratada y comparándola con la calidad del agua cruda, el proceso del tratamiento puede ser verificado.

Hay muchas maneras en que un elemento presente en el agua puede ser reportado en un análisis. Los resultados son reportados por lo general en mg/l pero pueden ser reportados en gpg. El operador debe estar familiarizado con ambas formas de medición y debe ser capaz de convertirlas de una manera a la otra.

Enfermedades del agua

Este líquido vital no debe contener organismos que puedan indicar la presencia de bacterias dañinas. Como los suministros de agua pública son usados para el consumo humano, si esta se contaminara bacteriológicamente puede tener consecuencias desastrosas. La protección de la fuente de agua contra contaminación bacteriológica es de trascendental importancia.

Varias enfermedades pueden ser transmitidas por agua impura y son comúnmente conocidas como patógenas.

Los organismos causantes de enfermedades son llamados patógenos y son:

- Tifoidea
- Paratifoidea, A & B
- Disentería común o de bacilos
- Disentería amibica
- Cólera

Aunque se han hecho varias campañas en los últimos años estas enfermedades aun no desaparecen enteramente del país, y algunas han ido en aumento en latinoamérica.

Todas las enfermedades del agua tienen que ver con desordenes intestinales, y los patógenos que las causan se incuban y viven en los sistemas de los animales de sangre caliente. Con cada descarga del sistema, millones de estos patógenos pueden ser liberados. Estos patógenos pueden contaminar la fuente de suministro de agua y amenazar la salud pública.

Características bacteriológicas del agua

Las características físicas y químicas de una fuente de agua pueden ser satisfactorias pero aun así el agua no puede ser aceptada como potable hasta que su pureza bacteriológica logre ser afirmada. El agua potable es aquella libre de bacterias que puedan producir enfermedades dañinas.

CAPITULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA LÍNEA DE ENVASADO

3.1 Materiales a emplearse en la máquina encapsuladora

Los materiales que se han seleccionado para la construcción de esta máquina son el acero inoxidable y las poliamidas que por sus respectivas composiciones presentan gran resistencia a la oxidación.

3.1.1 Selección de materiales

Acero inoxidable

El acero inoxidable fue inventado a principios del siglo XX cuando se descubrió que una pequeña cantidad de cromo añadido al acero común, le daba un aspecto brillante y lo hacía altamente resistente a la suciedad y a la oxidación. Esta resistencia a la oxidación, denominada resistencia a la corrosión, es lo que hace al acero inoxidable diferente de otros tipos de acero.

Un acero inoxidable lleva una composición de al menos un 10 % de cromo dentro de sus elementos de aleación para obtener las características de acero inoxidable.

Clasificación de los aceros inoxidables

Aceros inoxidables ferríticos: Son aquellos que contienen solamente cromo, ya que tienen una estructura metalográfica formada básicamente por ferrita, estos contienen hasta un 30% de Cr y menos de un 0,12% de C, presentan una estructura BCC,⁵ tiene una buena resistencia mecánica y ductilidad moderada, presenta una excelente resistencia a la corrosión y un bajo costo.

Aceros inoxidables austeníticos: Presentan un contenido de más de un 7% de níquel se llaman austeníticos, ya que la adición de este metal elimina la formación de la ferrita

⁵ Donal Askeland, Ciencia e Ingeniería de los materiales, Pág357

dentro de la estructura, este tipo de acero tiene una estructura FCC, presenta excelente ductilidad, conformabilidad y resistencia mecánica a la corrosión; por su elevado contenido de cromo y níquel su costo es elevado

Aceros inoxidables martensíticos: Estos se producen por la acción de realizar el tratamiento térmico de temple al acero austenítico y luego ejecutar un revenido en aceite con lo que se obtiene una estructura martensítica de alta dureza y resistencia.

Para la ejecución del tratamiento, el contenido de cromo debe ser menor al 17% ya que caso contrario la zona de creación de la austenita se hace muy pequeña lo que implica una gran observación en la temperatura de control para la obtención de la autenisación, las aplicaciones más comunes que encontramos de este tipo de acero, es en la fabricación de cojinetes y válvulas, ejes, rodillos

Aceros inoxidables dúplex: Presentan mejores propiedades que los aceros martencíticos o ferríticos debido a la presencia de cantidades iguales de austenita 50% y ferrita 50%, esta combinación proporciona un conjunto de propiedades mecánicas, resistencia a la corrosión, conformabilidad y soldabilidad que no se obtiene en ningún otro acero inoxidable normal, las aplicaciones de este acero se dan en industrias como la de petróleos, gas petroquímica, pulpa, y papel.

Materiales plásticos

Los materiales poliméricos provienen de una reacción de un monómero con algunos agentes químicos llamados agentes activadores o catalizadores y desencadenan una reacción produciendo unas cadenas que tienen similitud con el monómero de quien se originan, por ejemplo: el monómero del etileno de donde se produce el polietileno, del monómero del estireno se produce el poliestireno.⁶

⁶ plásticos de ingeniería un invento que revolucionó el mundo, Lina Fernanda Cossio, <http://www.plasticospublicitariosdecolombia.com.co/somos/tiposdeplasticos.html>

Esas cadenas moleculares que se forman son infinitamente largas pueden tener cientos o miles de átomos enlazados.

Nylon (poliamida)

Los nylons también se denominan poliamidas, debido a los característicos grupos amida en la cadena principal.

Hay diferentes tipos de poliamidas y cada una tiene características propias, que hacen que un material cuente con cualidades únicas.

El Nylon 6 o poliamida 6

Es el más conocido y utilizado de los plásticos técnicos.

Posee excelentes propiedades mecánicas, eléctricas, térmicas, químicas, y la posibilidad de ser modificado con aditivos.

Características principales:

- Alta resistencia mecánica, rigidez, dureza y tenacidad
- Buena resistencia a la fatiga
- Alto poder amortiguador
- Buenas propiedades de deslizamiento
- Resistencia sobresaliente al desgaste

Estas propiedades ofrecen a los ingenieros y fabricantes un amplio rango de posibilidades de utilización que cumplen con los requerimientos de muchas industrias.

Muchas veces, el Nylon 6 responde exitosamente donde metales y otros materiales fallan, sus nombres comerciales más comunes: grilon, nylon, sustamid y sus propiedades se indica en la tabla N°3

Tabla N°3 Propiedades de la Poliamida 6

POLIAMIDA 6 (GRILON) (HUMEDAD 2,5%)				PA - 6
				(H - 2.5%)
PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	53479	1.14
RESIST. A LA TRACC.(FLUENCIA / ROTURA)	Kg/cm ²	D-638	53455	720/840
RES. A LA COMPRESION (1 Y 2 % DEF)	Kg/cm ²	D-695	53454	150 / 280
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	53452	400
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	53453	NO ROMPE
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	53455	200
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	Kg/cm ²	D-638	53457	14000
DUREZA	Shore D	D-2240	53505	72 - 76
COEF. DE ROCE ESTATICO S/ACERO		D-1894		0.31 a 0.54
COEF. DE ROCE DINAMICO S/ACERO		D-1894		0.27 a 0.43
RES. AL DESGASTE POR ROCE				BUENA

Fuente http://www.quedateaki.com/es/ppt/galeria.php?cod_file=1

3.2 Líneas de envasado

Las líneas de envasado para agua purificada de acuerdo a su capacidad de producción pueden ser semiautomática o totalmente automatizadas, considerando esto se indica diferentes máquinas que realizan la misma función para distintos volúmenes de envasado.

3.2.1 Partes y características

Máquina lavadora, llenadora y taponadora de garrafones

La serie de las máquinas llenadoras y lavadoras aps-ga, es especialmente diseñada para el llenado de 19 litros (5 galones) de garrafones para agua purificada de policarbonato, PVC o PET. Este equipo es adecuado para el llenado de agua purificada, agua destilada, agua mineral y otros líquidos. La máquina puede realizar automáticamente el proceso entero, tal como la limpieza del garrafón y lavado, esterilización secundaria y enjuagado, enjague con agua limpia, llenado, taponado, descarga final del producto. Como el proceso entero es llevado a cabo en un gabinete cerrado, que se identifica en la figura N°9, esto previene que el producto pueda ser contaminado con algún agente externo al proceso. Comparando el precio con su desempeño, esta es la máquina de llenado y lavado del futuro.



Figura N° 9 Líneas de envasado serie APS-GA-060

Fuente: Equipos de purificación *aqua purificacion systems*
<http://www.aquapurificacion.com/llenadorasylavadoraautomaticagarrafon.htm>

Descripción del producto:

La máquina lavadora y llenadora se utiliza para llenar garrafrones con agua purificada, mineral u otro líquido.

La máquina posee cinco funciones: Lavado de la botella, llenado, tapado y salida. Para su funcionamiento la maquinaria emplea corriente eléctrica a 220V y 60Hz. Adopta el sistema de control un PLC de marca Panasonic, la cubierta es de acero inoxidable, a continuación en la tabla N°4 se especifican las características técnicas de esta máquina.

Tabla N°4 Especificaciones Técnicas

Modelo	APS-GA-060	APS-GA-100	APS-GA-200	APS-GA-300
Velocidad del Flujo de entrada para agua	=2.5m ³ /h	=2.5m ³ /h	=5.0m ³ /h	=7.5m ³ /h
Presión de entrada del agua	0.15MPa-0.4MPa	0.15MPa-0.4MPa	0.15MPa-0.4MPa	0.15MPa-0.4MPa
Electricidad de entrada	1.5kw	1.5kw	4.1kw	4.8 kw
Capacidad de llenado	60 garrafones/hora	100 garrafones/hora	200 garrafones/hora	300 garrafones/hora
Presión de trabajo aire	0.5~0.6MPa	0.5~0.6MPa	0.5~0.6MPa	0.5~0.6MPa
Consumo de aire	Q=0.25m ³ /yhr	Q=0.25m ³ /yhr	Q=0.37m ³ /yhr	Q=0.6m ³ /yhr
Peso Neto	250 kg	250 kg	320 kg	400 kg

Fuente: Equipos de purificación *aqua purificacion systems*
<http://www.aquapurificacion.com/llenadorasylavadoraautomaticagarrafon.htm>

Máquina enjuagadora, llenadora y taponadora de botella

En la figura N°10 se muestra la línea de envasado puede ser usada para lavado, llenado y taponado de botellas de PVC y PET.

También puede ser usada para líquidos ligeros sin gas, tales como jugos de frutas, vino, agua mineral y agua pura, líquidos medicinales y otros líquidos.



Figura N° 10 Línea de Envasado para Botellas de 600mL

Fuente: Equipos de purificación *aqua purificacion systems*
<http://www.aquapurificacion.com/llenadorasylavadoraautomaticagarrafon.htm>

Descripción del producto

Línea de Producción de Botella (3000-6000 botellas/H)

La línea de producción está compuesta por una lavadora AS-12J, una llenadora APSCP-12 y una tapadora ASPXZ-1. La función de la línea es del lavado, llenado y tapado de botellones de plásticos. El material de la botella puede ser PVC, PET, etc. La línea es ampliamente usada para los líquidos como vino de fruta, agua mineral, té, agua purificada entre otros.

Llenadora de líquidos rotativa lrt

En la figura N° 11 se presenta una línea de envasado con forma circular.

- Dosificador micro regulable (10-250 cm³)
- Limpieza de envases por barrido.
- Sistema anti-goteo para suspensiones.
- Carga y colocación automática de insertos.
- Alimentador de tapas.
- Tapador con regulador de troqué.
- Encoder para codificación inkjet.
- Sistemas neumáticos libres de aceite.
- Contador y tacómetro de producción.
- Controlador PLC.



Figura N° 11 Llenadora de líquidos rotativa lrt

Fuente: <http://www.rpaonline.com.ar/tapadoras.htm>

Llenadora de líquidos rotativa lrv

La máquina que se indica en la figura N°12 es de similares características a la que se presenta en la figura N°11, su gran diferencia es la boquilla que realiza la función de capsulado.

- Dosificador micro regulable (10-250 cm3)
- Limpieza de envases por barrido.
- Sistema anti-goteo para suspensiones.
- Carga y colocación automática de válvulas.
- Alimentador de tapas.
- Encoder para codificación inkjet.
- Sistemas neumáticos libres de aceite.
- Contador y tacómetro de producción.
- Controlador PLC.



Figura N° 12 Llenadora de líquidos rotativa lrv

Fuente: <http://www.rpaonline.com.ar/tapadoras.htm>

3.2.2 Diseño de la máquina encapsuladora

Para realizar el diseño de la máquina encapsuladora se tomaron en cuenta los datos de los siguientes elementos:

Tabla N°5 Motor

P_1 (Kw)	N_2 (min^{-1})	P_2 (Kw)	M_2 (N*m)	M_{max} (N*m)
0,25	36,3	0,27	71	92

Tabla N°6 Acero inoxidable

AISI	Resistencia a la tracción (Kg/mm^2)	Resistencia a la cedencia (Kg/mm^2)	Elongación %
304	54-75	23	40-50

Tabla N°7 Duralón

Densidad (g/cm^3)	Resistencia a la tensión (Kg/cm^2)
1,14	720-840

Sistema de transmisión

La transmisión por correa es la forma más sencilla, consta de una correa con tensión en dos poleas una motriz y otra movida como se muestra en la figura N° 13

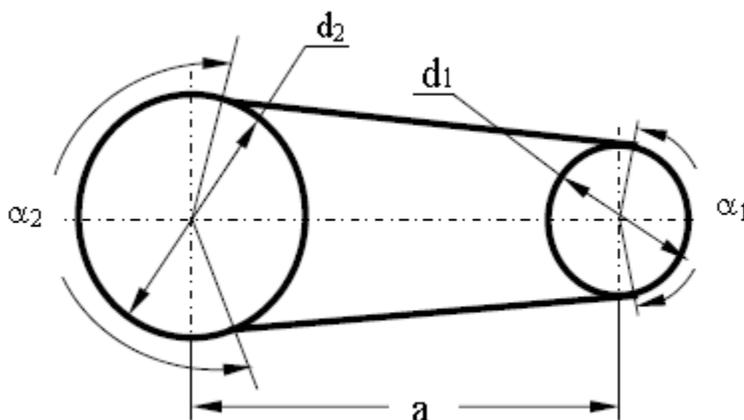


Figura N° 13 Esquema de una transmisión por correa

1 Polea menor

2 Polea mayor

α_1 Ángulo de contacto en la polea menor

α_2 Ángulo de contacto en la polea mayor

a Distancia entre centros de poleas

d_1 Diámetro primitivo de la polea menor

d_2 Diámetro primitivo de la polea mayor

Relación de transmisión

Entre los sistemas de transmisión de movimiento se cumple siempre la siguiente igualdad donde:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{w_1}{w_2} \quad (1)$$

i Relación de Transmisión

n_1 revoluciones de entrada

n_2 Revoluciones de salida

Z_2 numero de dientes conductor

Z_1 numero de dientes conducido

d_1 diámetro polea conductora

d_2 diámetro polea conducida

W_1 velocidad angular entrada

W_2 velocidad angular salida

$$i = \frac{n1}{n2} = \frac{36.6 * 1,2}{36} = \frac{44}{36}$$

Momentos de torsión máximos

$$Mt = 973,4 \frac{P(Kw)}{n(rpm)} \quad (2)$$

$$Mt1 = 973,4 \frac{0,25(Kw)}{36.6 * 1.2(rpm)} \quad Mt1 = 5.54Kgf * m \quad Mt1 = 5540Kgf * mm$$

$$Mt2 = 973,4 \frac{0,25(Kw)}{36(rpm)} \quad Mt2 = 6.759Kgf * m \quad Mt2 = 6759 Kgf * m$$

Determinación del módulo de los piñones con material de fabricación duralón

Se asume un número de dientes de Z=18 y diámetros de poleas de 3 pulgadas para los cálculos que se presenta haciendo las aproximaciones hasta llegar a los valores reales que se necesitan.

$$m = \sqrt[3]{\frac{Mt}{0,76 * z * \sigma f}} \quad (3)$$

$$[\sigma] = \frac{Sy}{Fs} = \frac{7,8Kg}{2} \quad [\sigma] = 3,9 \frac{Kg}{mm^2} \quad (4)$$

$$m = \sqrt[3]{\frac{Mt2}{0,76 * z * \sigma f}} \quad m = \sqrt[3]{\frac{6759kgfmm}{0,76 * 18 * 3,9kgf/mm^2}} \quad m = 5$$

^[7]Kurt Gieck, Manual de formulas técnicas, Pág. M4

Elementos de engranaje recto

En la figura N° 14 podemos ver los principales elementos de un engranaje de dientes rectos

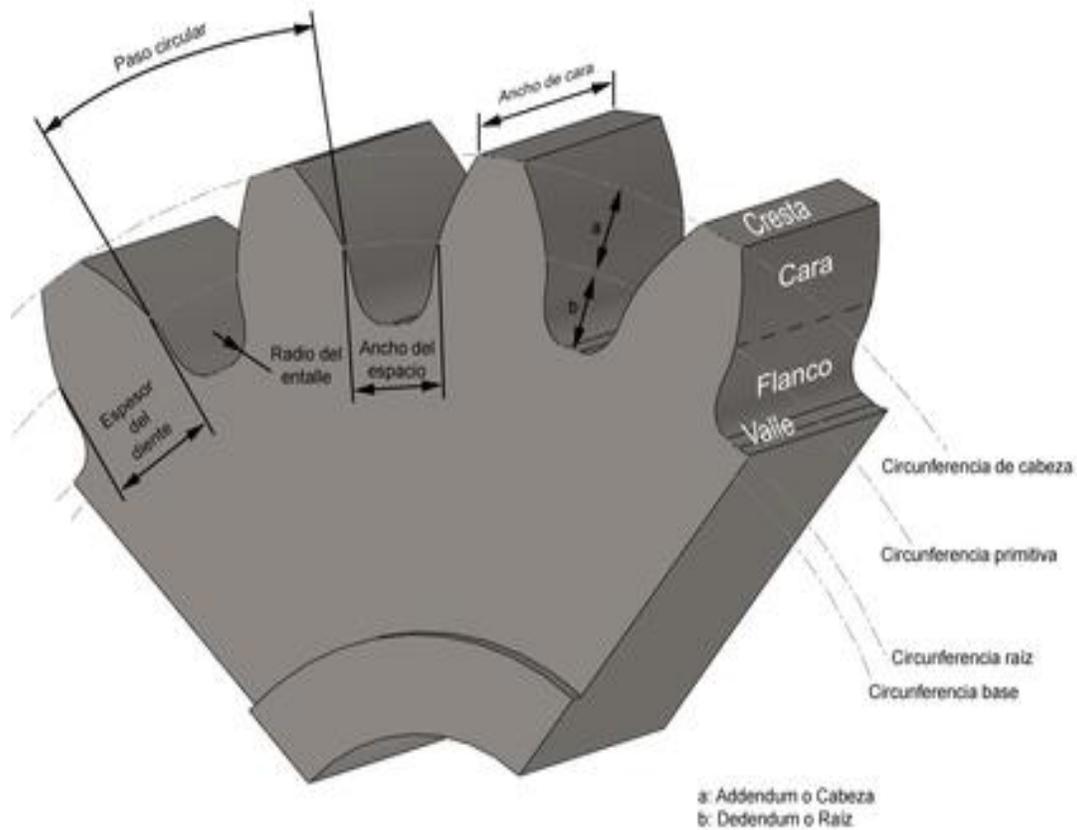


Figura N° 14 Partes de un engranaje

Módulo: el módulo de un engranaje es una característica de magnitud que se define como la relación entre la medida del diámetro primitivo expresado en milímetros y el número de dientes.

Paso circular: es la longitud de la circunferencia primitiva correspondiente a un diente y un vano consecutivos.

$$p = m\pi \quad p = 5\pi \quad p = 15,7\text{mm}^{[8]} \quad (5)$$

^[8]N.Larburu, Máquinas prouuario,Pág.322

Diámetro exterior rueda: es el diámetro de la circunferencia que limita la parte exterior del engranaje.

$$De = m(z + 2) \quad De = 5(16 + 2) \quad De = 90mm \quad [9] \quad (6)$$

Diámetro primitivo rueda es la circunferencia imaginaria por donde va deslizándose un engranaje sobre otro.

$$Dp = m * z \quad Dp = 5 * 16 \quad Dp = 80mm \quad [10] \quad (7)$$

Altura total: es la suma de la altura de la cabeza (adendum) más la altura del pie (dedendum).

$$h = 2,25m \quad h = 2,25 * 5 \quad h = 11,25mm \quad j = h \quad (8)$$

Juego

$$j = 0,25 * m \quad j = 0,25 * 5 \quad j = 1,25mm \quad (9)$$

Diámetro interior rueda: es el diámetro de la circunferencia que limita el pie del diente.

$$Di = De - 2h \quad Di = 90 - 2 * 11,25 \quad Di = 67,5mm \quad (10)$$

Pie de diente: también se conoce con el nombre de *dedendum*. Es la parte del diente comprendida entre la circunferencia interior y la circunferencia primitiva.

$$b = 1,25m \quad b = 1,25 * 5 \quad b = 6,25mm \quad (11)$$

Cabeza de diente: también se conoce con el nombre de *adendum*. Es la parte del diente comprendida entre el diámetro exterior y el diámetro primitivo.

$$a = m \quad a = 5mm \quad (12)$$

[9] N.Larburu, Máquinas prouuario, Pág.322 [9] Ídem, Pág. 322

Espesor: es el grosor del diente en la zona de contacto, o sea, del diámetro primitivo.

$$e = \frac{m\pi}{2} \quad e = \frac{5 * \pi}{2} \quad e = 7,85\text{mm} \quad (13)$$

Ancho de cara de B = 8 a 10 del modulo mas la carrera del pistón neumático

$$B = 8m + 40 \quad B = 8 * 5 + 40 \quad B = 80\text{mm} \quad (14)$$

En el sistema de movimiento de la máquina encapsuladora se define como piñón al engranaje más pequeño y como rueda al de mayor diámetro, en la tabla N°8 y N°9 se puede revisar un resumen de los cálculos realizados para fabricar de los piñones del sistema impulsor.

Tabla N°8 Resumen de los cálculos de la rueda motriz

Nombre	Símbolo
Diámetro exterior	De=90mm
Diámetro Primitivo	Dp=80mm
Diámetro interior	Di=67,5mm
Módulo	m=5
Paso	p=15,7mm
Altura total	h=11,25mm
Pie de diente (dedendum)	b=6,25mm
Cabeza de diente (adendum)	a=5
Juego	j=1,25mm
Intereje	i=72,5mm
Espesor de diente	e=7,85mm
Numero de dientes	z=16mm
Ancho de cara	B=80mm

Tabla N°9 Resumen de los cálculos del piñón

Nombre	Símbolo
Diámetro exterior	De=75mm
Diámetro Primitivo	Dp=65mm
Diámetro interior	Di=52,5mm
Módulo	m=5
Paso	p=15,7mm
Altura total	h=11,25mm
Pie de diente (dedendum)	b=6,25mm
Cabeza de diente	a=5
Juego	j=1,25mm
Intereje	i=72,5mm
Espesor de diente	e=7,85mm
Numero de dientes	z=13mm
Ancho de cara	B=40mm

Diámetro exterior piñón

$$De = m(z + 2) \quad De = 5(13 + 2) \quad De = 75mm$$

Diámetro primitivo piñón

$$Dp = m * z \quad Dp = 5 * 13 \quad Dp = 65mm$$

Altura total

$$h = 2,25m \quad h = 2,25 * 5 \quad h = 11,25mm \quad [11]$$

Juego

$$j = 0,25 * m \quad j = 0,25 * 5 \quad j = 1,25mm$$

Diámetro interior piñón

$$Di = De - 2h \quad Di = 75 - 2 * 11,25 \quad Di = 52,5mm \quad [12]$$

[11] N.Larburu, Máquinas prontuario, Pág.322 [12] Idem, Pág.322

Pie de diente

$$b = 1,25 * m \quad b = 1,25 * 5 \quad b = 6,25mm$$

Cabeza de diente

$$a = m \quad a = 5mm$$

Intereje: es la distancia que hay entre los centros de las circunferencias de los engranajes.

$$I = \frac{Dp1+Dp2}{2} \quad I = \frac{80+65}{2} \quad I = 72,5mm \quad [12] \quad (15)$$

Ancho de cara de B= 8 a 10 del valor del módulo

$$B = 8m \quad B = 8 * 5 \quad B = 40mm$$

Selección de la banda trapecial

Para la transmisión de torque de un motor a una máquina conducida, existen al menos tres métodos muy utilizados, transmisión con engranajes, correas flexibles de caucho reforzado y cadenas de rodillos. Dependiendo de la potencia, posición de los ejes, relación de transmisión, sincronía, distancia entre ejes y costo.

Determinar la sección de las correas: los perfiles de las correas y sus dimensiones son los que se detallan en la tabla N°10.

Tabla N°10 Secciones de las correas

Sección	Ancho	Superior	Altura	Angulo
<u>O</u>	10	7	40	
<u>A</u>	13	8	40	
<u>B</u>	17	10	40	
<u>C</u>	22	14	40	
<u>D</u>	32	18	40	
<u>E</u>	38	25	40	

Fuente: Escuela provincial de educación técnica, Diseño y selección del mando a correas en “V”, marzo 2005, <http://www.lapampa.edu.ar/epet1/epetics/Polimodal/electro/modulos/4-cal-dis/Dise%C3%B1o%20y%20Selecci%C3%B3n%20del%20mando%20a%20Correas%20en%20V.doc>

[12] N.Larburu, Máquinas prontuario, Pág.322

Las correas de perfiles más pequeños están diseñadas para transmitir potencias menores a velocidades (rpm) importantes. Por el contrario, los perfiles mayores se utilizan para potencias mayores. Cada fabricante brinda un ábaco en el cual se ubican sobre el eje de abscisas los valores de potencia de diseño (en HP), y en el eje de ordenadas las rpm de la polea más rápida. Trazando rectas perpendiculares a ambos eje, la intersección de ambas nos determina la sección más conveniente a utilizar, como se verifica en la figura N°15.

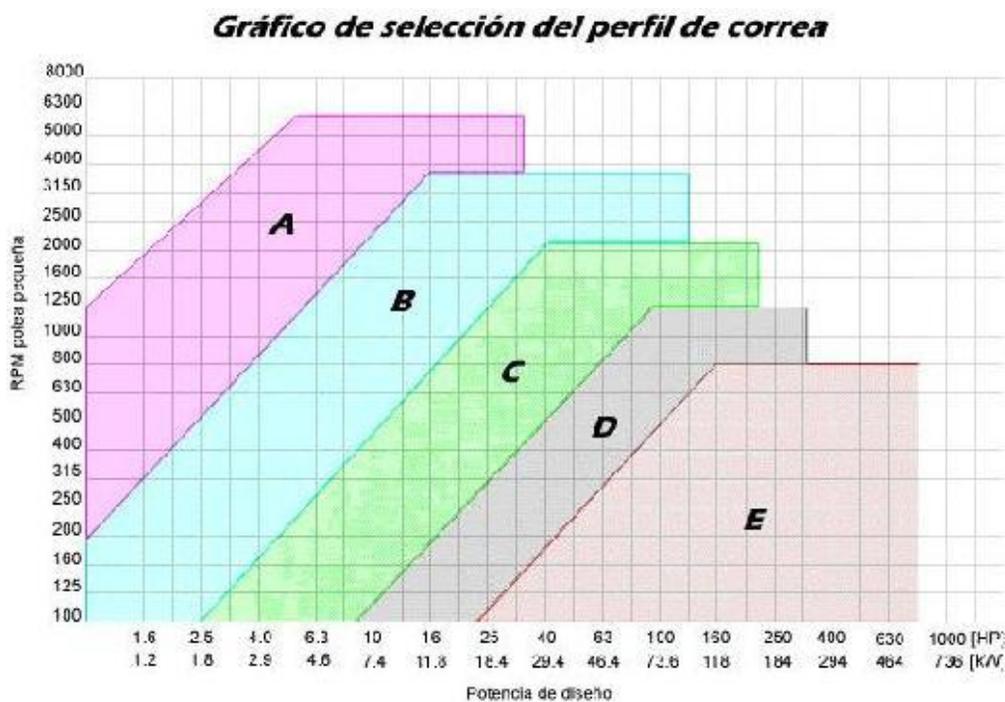


Figura N° 15 Selección del perfil de correa

Fuente: Escuela provincial de educación técnica, Diseño y selección del mando a correas en "V", marzo 2005, <http://www.lapampa.edu.ar/epet1/epetics/Polimodal/electro/modulos/4-cal-dis/Dise%C3%B1o%20y%20Selecci%C3%B3n%20del%20mando%20a%20Correas%20en%20V.doc>

Diámetros de las poleas: hay que tener en cuenta que para cada perfil de correa existe un diámetro mínimo a utilizar (valores en pulgadas), como se indica en la Tabla N°11.

Tabla N°11 Diámetros de poleas según tipo de correa

A	2,60"	B	4,60"	C	7,00"	D	12,00"	E	18,00"
---	-------	---	-------	---	-------	---	--------	---	--------

Fuente: Escuela provincial de educación técnica, Diseño y selección del mando a correas en "V", marzo 2005, <http://www.lapampa.edu.ar/epet1/epet1/Polimodal/electro/modulos/4-cal-dis/Dise%C3%B1o%20y%20Selecci%C3%B3n%20del%20mando%20a%20Correas%20en%20V.doc>

Para nuestro sistema de transmisión se escogió poleas de diámetros iguales de 3 pulgadas que cumplen con lo que indica la tabla N°11

Sección de Correa: el largo de la correa se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L = 2c + 1,57(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4c} \quad (16)$$

Siendo:

C: distancia entre centro de poleas (en pulgadas ó milímetros)

D: diámetro de la polea mayor (en pulgadas ó milímetros)

d: diámetro de la polea menor (en pulgadas ó milímetros)

$$L=24\text{plg}=609,6\text{mm}; \quad d_1=d_2=3\text{plg}=76,2\text{mm}$$

$$L = 2c + 1,57(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4c} \quad [13]$$

$$609,6 = 2c + 1,57(76,2 + 76,2) + \frac{(76,2 - 76,2)^2}{4c}$$

$$c = 185,16\text{mm}$$

[13] Joseph E. Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, Pág. 1080

Calculada la longitud, hay que ingresar en la columna del perfil de correa seleccionada en la tabla N°15 y elegir el largo nominal más cercano. Con este dato podemos determinar la sección de correa.

Ángulo de abrasamiento

La potencia se transmite desde la polea a la correa por fricción. Cuando mayor sea la superficie de contacto entre ambos elementos más eficiente será la transmisión de potencia. La situación ideal se presenta cuando ambas poleas tienen igual diámetro, el ángulo de abrasamiento es el máximo de 180 °

$$\alpha = 180 - 57 * \frac{(d2 - d1)}{c} \quad \alpha = 180 - 57 * \frac{(67,2 - 67,2)}{185,16} \quad \alpha = 180^{\circ} \quad [14] \quad (17)$$

Número de correas

La velocidad periférica para nuestro problema es de

$$V = rW \quad V = 0,038m * 4,59 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \quad V = 0,17 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \quad (18)$$

El coeficiente de reducción para un ángulo de abrasamiento de 180° es de 1

El módulo de potencia para una velocidad de $=0,17 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$ para una correa tipo A es de $K=0,23$

La potencia transferible que entrega el reductor es $Pt = 0,23Cv * 1 \quad Pt = 0,23Cv \quad (19)$

Para el número de correas tenemos

$$N = \frac{P}{Pt} \quad N = \frac{0,33Cv}{0,23Cv} \quad N = 1 \text{vanda} \quad (20)$$

[14] <http://www.lapampa.edu.ar/epet1/epetics/Polimodal/electro/modulos/4-cal-dis/Dise%C3%B1o%20y%20Selecci%C3%B3n%20del%20mando%20a%20Correas%20en%20V.doc>

Tensiones en la banda

Para el cálculo de la tensión de la banda trapezoidal se denominó a las fuerzas que se presentan como F_n fuerza neta con el par de impulsión y F_s fuerza flexionante al eje y que son presentadas en la figura N° 16

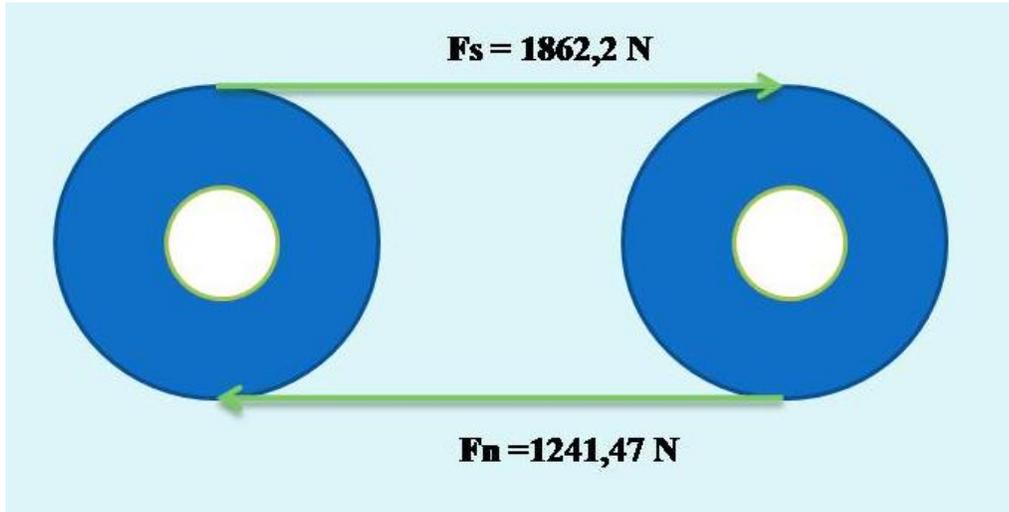


Figura N°16 tenciones en la banda

$$F_n = \frac{T}{r} \quad F_n = \frac{47,3Nm}{0,0381m} \quad F_n = 1241,47N \quad (20)$$

$$F_s = 1,5F_n \quad F_s = 1,5 * 1241,47N \quad F_s = 1862,2N \quad (21)$$

Fuerza tangencial en el piñón

El valor máximo en la salida de la boquilla que coloca las tapas es de

25lbpie = 33,86Nm

$$F_t = \frac{T}{r} \quad F_t = \frac{33,86Nm}{0,04m} \quad F_t = 846,5N$$

Condiciones de equilibrio

$$\sum T = F_s * r - F_n * r \quad (22)$$

$$\sum T = 1862,2N * 0,0381m - 1241,47N * 0,0381m \quad \sum T = 23,66Nm$$

Fuerza que se transmite a los engranajes

$$F_t = \frac{T}{r} \quad F_t = \frac{47,3Nm}{0,0381m} \quad F_t = 1241,47N$$

$$\sum M_a = 3130,6N * 0,06915m + 1241,4N * 0,17m - R_b * 0,268m = 0$$

$$R_b = 1595,22N$$

$$\sum F_x = 0 \quad 3130,6N + 1241,4N - 1595,22N - R_a = 0 \quad R_a = 2776,78N$$

En las figuras N°17 Y N°18 se indican los gráficos de los momentos máximos con los que se dimensionó los ejes de la encapsuladora.

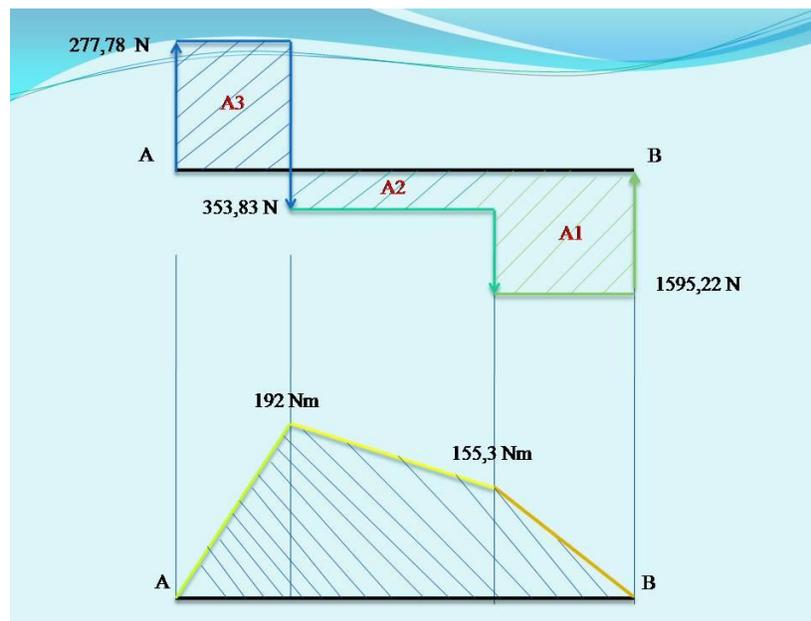
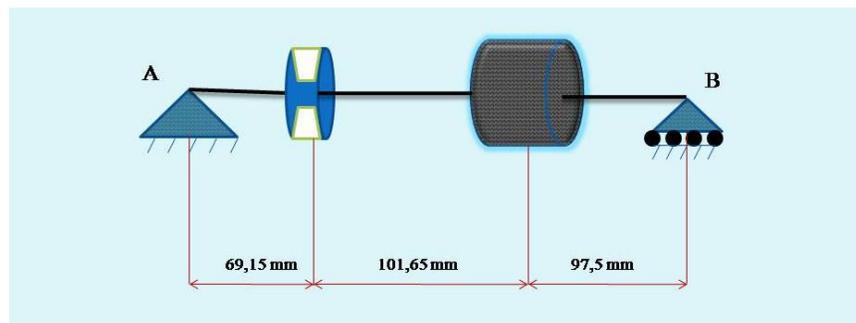


Figura N°17 Determinación momento flector máximo en el eje móvil

$$A1 = 1595,22N * 0,097m \quad A1 = 155,53Nm$$

$$A2 = 353,75N * 0,101m \quad A2 = 35,72Nm$$

$$A3 = 2776,8N * 0,069m \quad A3 = 192Nm$$

Determinación del diámetro del eje donde se colocarán, el piñón y la polea según la segunda teoría de falla

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma] \quad (23)$$

$$[\sigma] = \frac{Sy}{Fs} = \frac{64,5Kg}{2} \quad [\sigma] = 32,25 \frac{Kg}{mm^2} \quad [\sigma] = 316050000 \frac{N}{m^2}$$

$$[\sigma] = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \quad (24)$$

$$316050000 \frac{N}{m^2} = \sqrt{\left(\frac{32 * 192Nm}{\pi * d^3}\right)^2 + 4\left(\frac{192Nm}{\pi * d^3}\right)^2}$$

$$d = 0,01837m \quad d = 18,37mm$$

Diámetro del eje dos donde se colocará la rueda

$$Ft = \frac{T}{r} \quad Ft = \frac{47,3Nm}{0,0325m} \quad Ft = 1455,38N$$

$$\sum Ma = 0 \quad 1455,38N * 0,15m - Rb * 0,266m = 0 \quad Rb = 820,7N$$

$$\sum Fx = 0 \quad 820,7N - 1455,38N + Ra = 0 \quad Ra = 634,67N$$

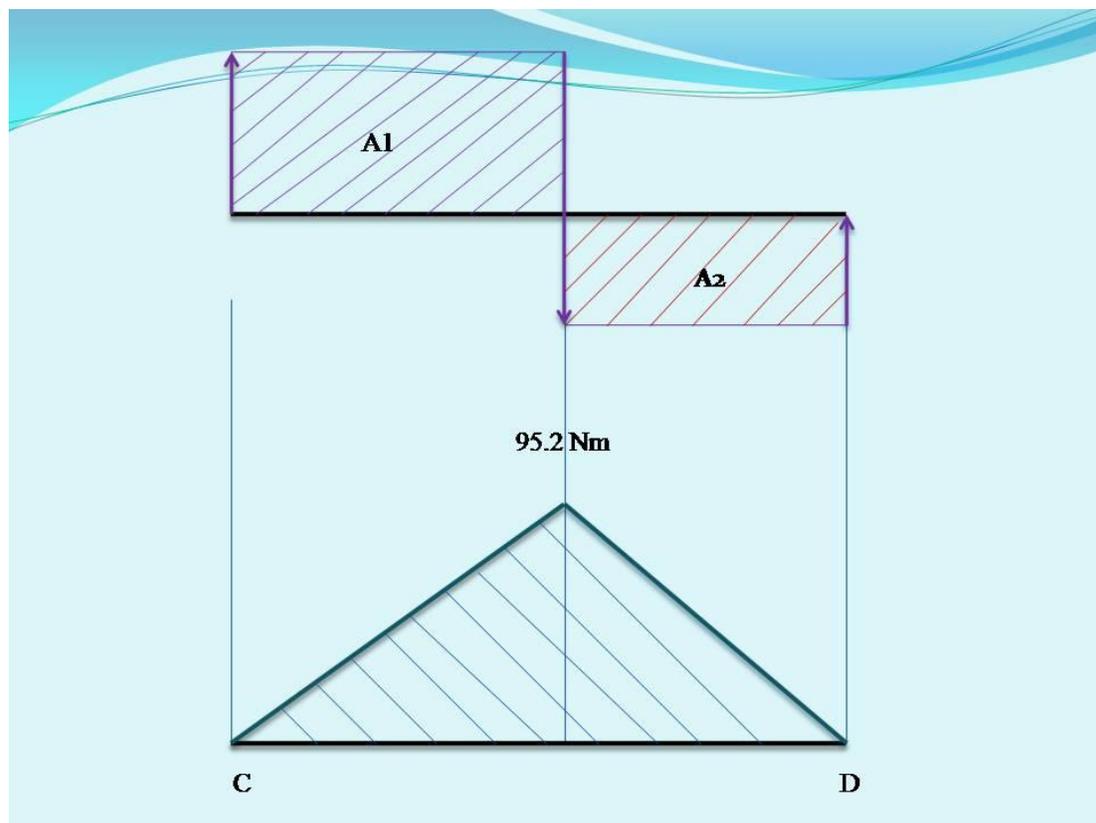
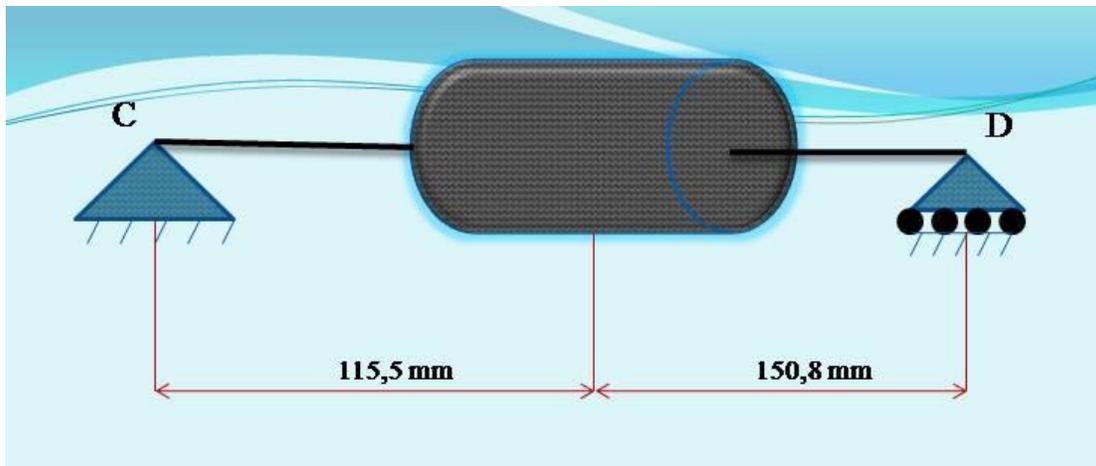


Figura N°18 Determinación del momento flector máximo en el eje deslizante.

$$A1 = 820,7N * 0,115m \quad A1 = 94,38Nm$$

$$A2 = 634,67N * 0,15m \quad A2 = 95,2Nm$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma]$$

$$[\sigma] = \frac{S_y}{F_s} = \frac{64,5Kg}{2} \quad [\sigma] = 32,25 \frac{Kg}{mm^2} \quad [\sigma] = 316050000 \frac{N}{m^2}$$

$$[\sigma] = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

$$316050000 \frac{N}{m^2} = \sqrt{\left(\frac{32 * 95,2Nm}{\pi * d^3}\right)^2 + 4\left(\frac{95,2Nm}{\pi * d^3}\right)^2}$$

$$d = 0,0145m \quad d = 14,5mm$$

Volumen de la rueda dentada

$$V = \pi r^2 h \quad A = \pi * (45mm)^2 * 80mm \quad V = 508938mm^3 \quad (25)$$

Masa de la rueda dentada

$$m_2 = V\delta \quad m = 508938mm^3 * 0,00114 \frac{g}{mm^3} \quad m_2 = 580.189g \quad (26)$$

$$m_2 = 0,580Kg$$

Masa del eje móvil

$$V = \pi r^2 h \quad A = \pi * (9,5mm)^2 * 370mm \quad V = 104906mm^3$$

$$m_3 = V\delta \quad m_3 = 104906mm^3 * 0,000008 \frac{kg}{mm^3} \quad m_3 = 0,839kg$$

Densidad del hierro $0,000008 \frac{Kg}{mm^3}$

Sumatoria de masas del conjunto

$$m_t = m_1 + m_2 + m_3 \quad m_t = 2Kg + 0,580Kg + 0,839kg \quad m_t = 3,41Kg$$

Peso del conjunto

$$W = m_t * g \quad W = 3,41Kg * 9,8 \frac{m}{s^2} \quad W = 33,5N \quad (27)$$

Fuerza de rozamiento

$$F = \mu * mt * g \quad F = 0,37 * 3,41Kg * 9,8 \frac{m}{s^2} \quad F = 12,36N \quad [15] \quad (28)$$

Cilindro neumático

En la Tabla N°12 se muestran la nomenclatura que se utilizará para efectuar el dimensionamiento del cilindro neumático que se empleará en la máquina encapsuladora.

Tabla N°12 Ecuaciones para el cálculo del cilindro neumático

Cilindro de doble efecto en el avance	Unidad	Ecuación
Fn =Fuerza efectiva o real del émbolo	(N)	$F_n = (A * P) - F_R$
A= Superficie útil del embolo	(mm ²)	$A = \pi * r^2$
A´=Superficie útil del anillo del émbolo	(mm ²)	$A' = \pi * (r1^2 - r2^2)$
P=Presión de trabajo	(3bar)	
FR=Fuerza de rozamiento (3-20%)	(N)	
D=Diámetro del émbolo	(mm)	
d=Diámetro del vástago	(mm)	
Cilindro de doble efecto en el retorno		
Fn =Fuerza efectiva o real del embolo	(N)	$F_n = (A' * P) - F_R$

[16]

$$D = 16mm$$

$$d=8mm$$

$$F_R=10\%(\text{valor medio})$$

$$P=4bar$$

Superficie del émbolo

$$A = \pi * r^2 \quad A = \pi * (8mm)^2 \quad A = 201mm^2 \quad A = 0,000201m^2 \quad (29)$$

Superficie anular del émbolo

$$A' = \pi * (r1^2 - r2^2) \quad A' = \pi * ((8mm)^2 - (4mm)^2) \quad A' = 150,79mm^2 \quad (30)$$

[15] N.Larburu, Máquinas prontuario, Pág.135 [16] Cilindros hidráulicos y neumáticos
<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica9.htm>

Fuerza teórica de empuje en el avance

$$F_{teor} = A * P \quad F_{teor} = 0,000201m^2 * 300000 \frac{N}{m^2} \quad F_{teor} = 60,3N \quad (31)$$

Resistencia de rozamiento $F_R = 6,03N$

Fuerza real de empuje del émbolo en el avance

$$F_n = A * P - F_R \quad F_n = 0,000201m^2 * 300000 \frac{N}{m^2} - 6,03N \quad F_n = 54,27N \quad (32)$$

Fuerza teórica de tracción del émbolo en el retorno

$$F_{teor} = A' * P \quad F_{teor} = 0,00015079m^2 * 300000 \frac{N}{m^2} \quad F_{teor} = 45,23N \quad (33)$$

Resistencia de rozamiento $F_R = 4,52N$

Fuerza real de tracción del émbolo en el retorno

$$F_{teor} = (A' * P) - F_R \quad F_{teor} = \left(0,00015079m^2 * 300000 \frac{N}{m^2}\right) - 4,52N \quad (34)$$

$$F_{teor} = 40,71N$$

En la tabla N° 13 se indica una parte del catálogo con el que se elijo el cilindro neumático para la encapsuladora de acuerdo a la fuerza que es capaz de ejecutar en la acciones de tracción y empuje.

Tabla N°13 Selección del cilindro según datos de tabla

FUERZAS DESARROLLADAS EN EMPUJE Y TRACCIÓN (TEÓRICAS)													
Diámetro cilindro D mm	Diámetro eje d mm	Movimiento	Aire útil cm ²	Fuerza en empuje y tracción en daN en función de la presión de ejercicio en bar									
				1 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar	10 bar
8	4	empuje	0.50	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
		tracción	0.38	0.4	0.8	1.1	1.5	1.9	2.3	2.6	3.0	3.4	3.8
10	4	empuje	0.79	0.8	1.6	2.4	3.1	3.9	4.7	5.5	6.3	7.1	7.9
		tracción	0.66	0.7	1.3	2.0	2.6	3.3	4.0	4.6	5.3	5.9	6.6
12	6	empuje	1.13	1.1	2.3	3.4	4.5	5.7	6.8	7.9	9.0	10.2	11.3
		tracción	0.85	0.8	1.7	2.5	3.4	4.2	5.1	5.9	6.8	7.6	8.5
16	6	empuje	2.01	2.0	4.0	6.0	8.0	10.1	12.1	14.1	16.1	18.1	20.1
		tracción	1.73	1.7	3.5	5.2	6.9	8.6	10.4	12.1	13.8	15.6	17.3
16	8	empuje	2.01	2.0	4.0	6.0	8.0	10.1	12.1	14.1	16.1	18.1	20.1
		tracción	1.51	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.6	12.1	13.6	15.1

Fuente: Catalogo Metal Word

Dimensionamiento columnas de la estructura



Figura N°19 Vista lateral de la capsuladora

Momento flector producido por el peso de la estructura

$$M = F * d \quad M = 441N * 295mm \quad M = 130095Nmm \quad M = 130Nm \quad (35)$$

Asumir un diámetro exterior de 2 pulgadas para encontrar el espesor requerido

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad \sigma = \frac{130095Nmm * 25mm}{\frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)} = [\sigma] \quad (36)$$

$$316050000 \frac{N}{m^2} = \frac{130095Nmm * 25mm}{\frac{\pi}{64}(50^4 - d^4)} \quad (50^4 - d^4) = \frac{130095Nmm * 25mm}{\frac{\pi}{64} * 316,05 \frac{N}{mm^2}}$$

$$d = 49.57mm$$

Por lo tanto el espesor requerido para la columna es de 2.46mm pero según el catalogo en el mercado un tubo inoxidable que cumple este requerimiento es el tubo redondo de 2 pulgadas cedula 10 que tiene un espesor de pared de 2.77mm.

Por no poder contar con este tubo se procedió a reforzar con un ángulo de 40x40x3 a un tubo de 2 pulgadas con un espesor de 1.2mm, para que cumpla con la sección instada que será empleada como columna y sus parámetros más relevantes pueden ser comparados en las tablas N°14 y N°15.

Tabla N°14 Momentos de inercia de un tubo redondo de 2Plg y espesor de 2.77mm

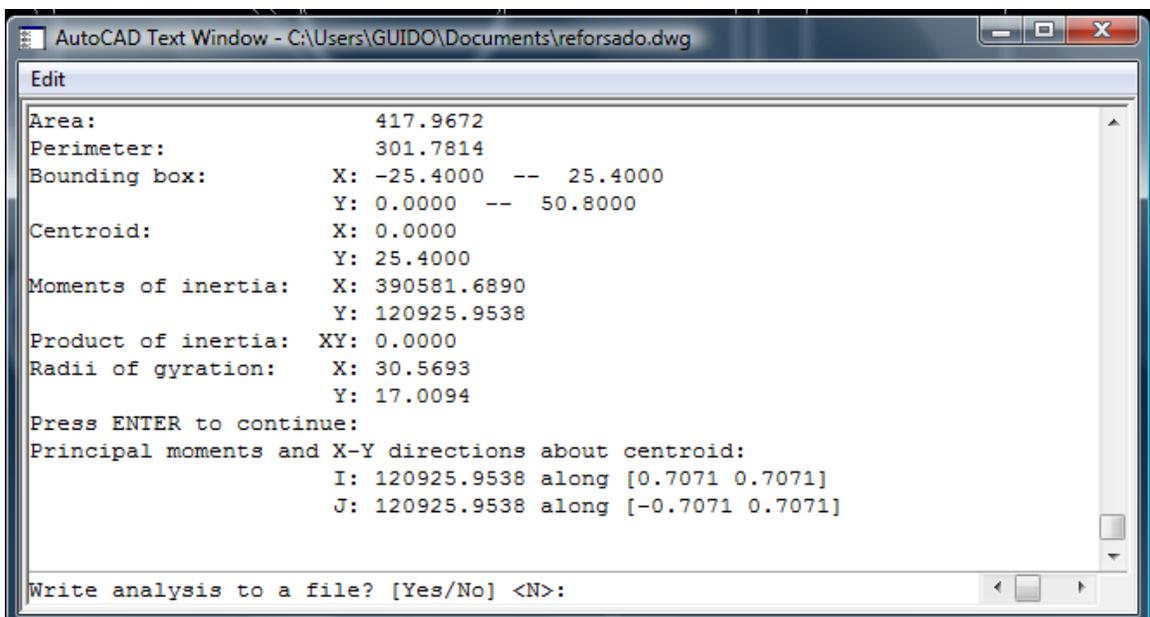
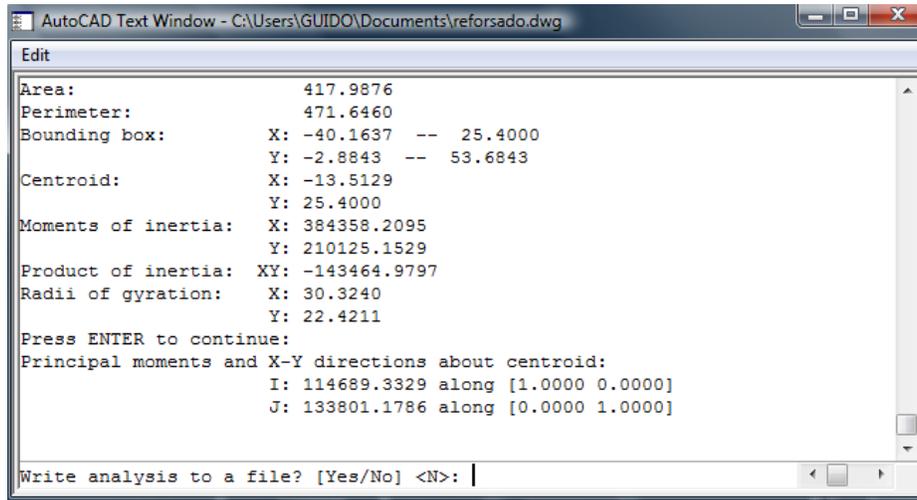


Tabla N°15 Momentos de inercia de un tubo redondo de 2plg y espesor de 1.22mm con un refuerzo de ángulo de 40x40x3mm



Soldadura del reforzamiento de las columnas

Según la norma para soldadura NBE EA-95 los valores para l =longitud efectiva y s = separación de cordones se muestran en la figura N°20

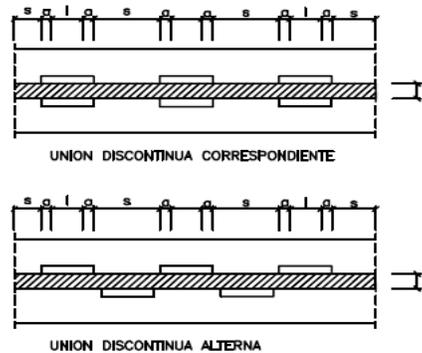


Figura 11: Uniones longitudinales discontinuas.

Valor mínimo: $l \geq 15 \cdot a$
 $l \geq 40 \text{ mm}$

Valor máximo: $s \leq 15 \cdot e$. Para barras comprimidas.
 $s \leq 25 \cdot e$. Para barras a tracción.
 $s \leq 300 \text{ mm}$. En todo caso.

siendo e el espesor mínimo de los perfiles unidos.

Figura N°20 Uniones longitudinales discontinuas

Para el caso de las columnas de la maquina capsuladora se tomaron valores de longitud efectiva de soldadura de 50mm y separaciones entre las mismas de 300mm con un espesor de 2.8mm

Determinación del tamaño de la soldadura en las placas que sujetan la estructura

La determinación del valor de los catetos y el espesor de la soldadura de las placas que sujetan la estructura a las columnas se observan en la figura N°21 que refiere la zona donde se procederá a hacer la soldadura.

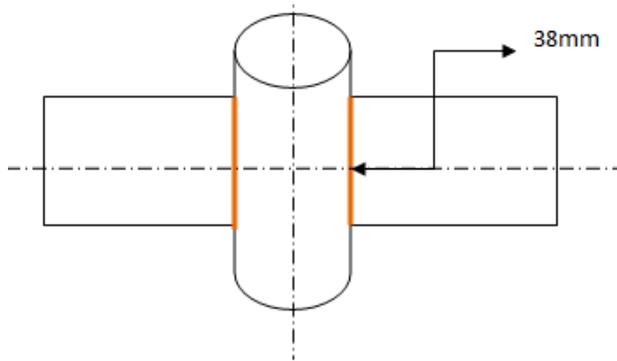


Figura N°21 Vista posterior de la placa sujetadora y la columna

Determinación de la inercia respecto al eje x

$$I_x = 2I_v \quad I_v = \frac{1}{12} * t * (38mm)^3 \quad I_v = 4572.67mm^3 * t \quad (37)$$

$$I_x = 2 * 4572,67mm^3 * t \quad I_x = 9145,33 mm^3 * t$$

Para este caso se presentan dos esfuerzos el de flexión y corte que para resultados de cálculo se los tomara como un efecto combinado equivalente para encontrar el valor del espesor t.

$$M = F * d \quad M = 441N * 295mm \quad M = 130095Nmm \quad M = 130Nm$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad \sigma = \frac{130095Nmm * 19mm}{9145,33 mm^3 * t} \quad \sigma = \frac{270,20N}{mm * t}$$

Análisis por corte

$$[\tau] = \frac{0,578 * S_y}{F_s} \quad [\tau] = \frac{0,578 * 588,399 \frac{N}{mm^2}}{2,5} \quad [\tau] = 136,038 \frac{N}{mm^2} \quad (38)$$

$$\tau = \frac{P}{A} \quad \tau = \frac{441N}{2*38mm*t} \quad \tau = \frac{5,8N}{mm*t} \quad (40)$$

$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2} \quad \tau = \sqrt{\left(\frac{270,20N}{mm*t}\right)^2 + \left(\frac{5,8N}{mm*t}\right)^2} \quad \tau = \frac{270,26N}{mm*t} \quad (41)$$

$$\tau = \frac{270,26N}{mm*t} \leq [\tau] \quad 136,038 \frac{N}{mm^2} = \frac{270,26N}{mm*t} \quad t = 1,98mm$$

Los resultados obtenidos para los valores de t y h se presentan en la figura N°22

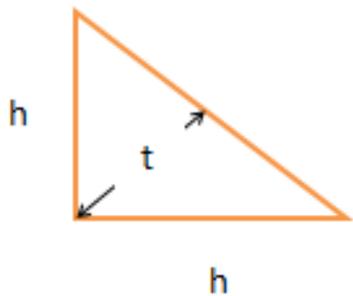


Figura N°22 Catetos y espesor de la soldadura en las placas sujetadoras

$$t = 0,707h \quad h = \frac{t}{0,707} \quad h = \frac{1,98}{0,707} \quad h = 2,8mm \quad (42)$$

Placas de sujeción estructural

$$\tau = \frac{V}{A} \leq [\tau] \quad [\tau] = \frac{K * S_y}{F_s} \quad [\tau] = \frac{0,6 * 60ksi}{1,8} \quad [\tau] = 20ksi \quad [\tau] = 20000 \frac{lbf}{plg^2} \quad (43)$$

$$A = \frac{V}{[\tau]} \quad A = \frac{100lbf}{20000 \frac{lbf}{plg^2}} \quad A = 0,005plg^2 \quad A = 4mm$$

Se necesita que los pernos a emplearse para sujetar la estructura tengan un área de 4 mm

Determinación del espesor de la placa

Figura N°23 Vista lateral de placas

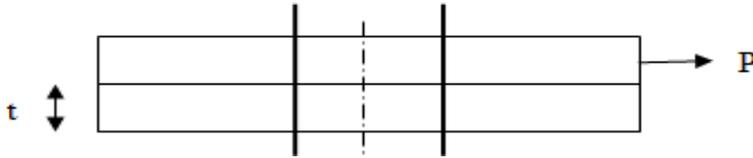


Figura N°23 Vista lateral de placas

$$\sigma = \frac{P_{cad/per}}{A_{cad/per}} \leq [\sigma] \quad \frac{A_{cad}}{per} = Dp * t \quad [\sigma] = \frac{P_{cad/per}}{Dper * t} \quad t = \frac{P_{cad/per}}{Dper * [\sigma]} \quad (44)$$

$$t = \frac{441N}{4*316050000 \frac{N}{m^2} * 2} \quad t = 1,74mm \quad t = 3mm$$

Según catalogo la platina requerida es de 3mm de espesor

Diámetro de la tubería del sistema neumático

El diámetro de las tuberías debe elegirse de manera que si el consumo aumenta, la pérdida de presión entre el depósito y el consumidor no sobrepase 30 kpa (0,3 bar). Si la caída de presión excede de este valor, la rentabilidad baja y el rendimiento disminuirá considerablemente. En la planificación de instalaciones nuevas debe preverse una futura ampliación de la demanda de aire, por cuyo motivo deberán sobredimensionarse las tuberías para satisfacer futuras derivaciones de la línea principal.

Dimensionado de las tuberías

El diámetro de las tuberías debe seleccionarse en base a las siguientes consideraciones:

- el caudal
- la longitud de las tuberías
- la pérdida de presión (admisible)
- la presión de servicio
- la cantidad de estrangulamientos en la red.

Elementos de la tubería central

5 codos a 90°

1 válvula de globo

1 T estándar

2 cilindros neumáticos diámetro del vástago 20mm y diámetro del cilindro 38mm

8 válvulas 5-4

Diámetro de las mangueras que alimentan los dispositivos, interior 5mm

8 mangueras de 150cm de longitud

2 mangueras de 52cm de longitud

2 mangueras de 105cm de longitud

Longitud total de tubería 11m

Para determinar el caudal que consume un cilindro de doble efecto se acudió a la ecuación.

$$Q_1 = 2(s * s * q) \quad [17] \quad (43)$$

Donde

Q = consumo total de aire en l / min

q = consumo de aire por cm de carrera

s = carrera en cm

Los valores de consumo de aire por cm de carrera se tomaron del catalogo de Metal Word como se indica en la tabla N°16, para los cilindros que tiene en la línea de envasado.

[17] Cilindros hidráulicos y neumáticos <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica9.htm>

Tabla N°16 Consumo de aire en los cilindros

CONSUMO DE AIRE EN LOS CILINDROS													
Diámetro cilindro D mm	Diámetro eje d mm	Movimiento	Aire útil cm ³	Consumo de aire en empuje y tracción en Nl/cm de cámara, en función de la presión de ejercicio P en bar, a 20°C									
				1 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar	10 bar
12	4	empuje	1,13	0,0023	0,0034	0,0045	0,0057	0,0068	0,0079	0,0090	0,0102	0,0113	0,0124
		tracción	1,00	0,0020	0,0030	0,0040	0,0050	0,0060	0,0070	0,0080	0,0090	0,0100	0,0110
16	6	empuje	2,01	0,0040	0,0060	0,0080	0,0100	0,0121	0,0141	0,0161	0,0181	0,0202	0,0221
		tracción	1,73	0,0035	0,0052	0,0069	0,0086	0,0104	0,0121	0,0138	0,0156	0,0173	0,0190
20	8	empuje	3,14	0,0063	0,0094	0,0126	0,0157	0,0188	0,0220	0,0251	0,0283	0,0314	0,0346
		tracción	2,64	0,0053	0,0079	0,0106	0,0132	0,0158	0,0185	0,0211	0,0238	0,0264	0,0290
25	12	empuje	4,91	0,0098	0,0147	0,0196	0,0245	0,0295	0,0344	0,0393	0,0442	0,0491	0,0540
		tracción	3,78	0,0076	0,0113	0,0151	0,0189	0,0227	0,0264	0,0302	0,0340	0,0378	0,0415
32	12	empuje	8,04	0,016	0,024	0,032	0,040	0,048	0,056	0,064	0,072	0,080	0,088
		tracción	6,91	0,014	0,021	0,028	0,035	0,042	0,049	0,056	0,063	0,070	0,076
40	16	empuje	12,56	0,025	0,038	0,050	0,063	0,076	0,088	0,100	0,113	0,126	0,138
		tracción	10,55	0,021	0,032	0,042	0,053	0,063	0,074	0,088	0,095	0,106	0,116
50	20	empuje	19,63	0,039	0,059	0,079	0,098	0,118	0,137	0,157	0,177	0,196	0,216
		tracción	16,49	0,033	0,050	0,066	0,082	0,099	0,115	0,132	0,149	0,165	0,181
63	20	empuje	31,16	0,062	0,093	0,125	0,156	0,187	0,218	0,249	0,280	0,312	0,343
		tracción	28,02	0,056	0,084	0,112	0,140	0,168	0,196	0,224	0,252	0,280	0,308
80	25	empuje	50,24	0,100	0,150	0,200	0,250	0,301	0,351	0,402	0,452	0,502	0,552
		tracción	45,36	0,091	0,138	0,181	0,227	0,272	0,318	0,363	0,408	0,454	0,500
100	32	empuje	78,54	0,157	0,238	0,314	0,382	0,471	0,549	0,628	0,706	0,785	0,862
		tracción	70,50	0,141	0,211	0,282	0,352	0,423	0,493	0,564	0,635	0,705	0,775
125	32	empuje	122,66	0,245	0,368	0,490	0,613	0,736	0,859	0,981	1,104	1,226	1,349
		tracción	114,67	0,229	0,344	0,459	0,573	0,688	0,803	0,917	1,032	1,147	1,262
160	40	empuje	201,06	0,402	0,603	0,804	1,005	1,206	1,407	1,608	1,809	2,010	2,211
		tracción	188,49	0,377	0,565	0,754	0,942	1,130	1,319	1,508	1,696	1,884	2,073
200	40	empuje	314,15	0,628	0,942	1,257	1,571	1,885	2,199	2,513	2,827	3,145	3,456
		tracción	301,59	0,603	0,905	1,206	1,508	1,810	2,111	2,413	2,714	3,016	3,318

Fuente: Catalogo Metal Word

$$Q1 = 2(s * s * q) \quad Q1 = 2 \left(4cm * 4cm * (0,0080 + 0,0069) \frac{l}{cm \text{ carrera}} \right)$$

$$Q1 = 0,4768 \frac{l}{min}$$

$$Q2 = 2(s * s * q) \quad Q2 = 2 \left(16cm * 16cm * (0,050 + 0,042) \frac{l}{cm \text{ carrera}} \right)$$

$$Q2 = 47,104 \frac{l}{min}$$

$$Qt = Q1 + 2Q2 \quad Qt = 0,4768 \frac{l}{min} + 2 * 47,104 \frac{l}{min} \quad Qt = 94,6848 \frac{l}{min} \quad (44)$$

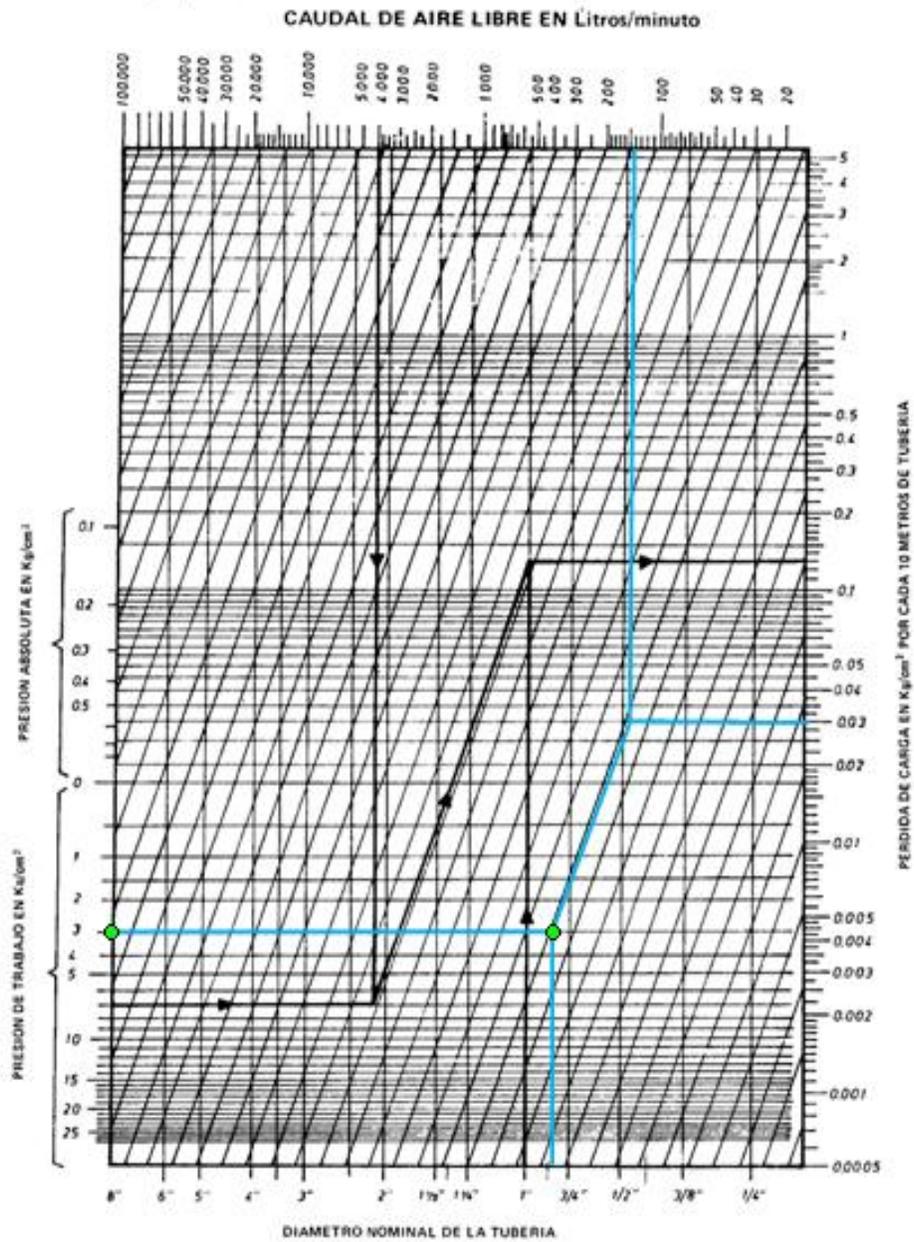
A este valor le suma un 50 % por consideración de funcionamiento no continuo lo que

$$\text{indica un caudal total real } Qt = 142,027 \frac{l}{min}$$

Para el dimensionamiento de la instalación con el caudal obtenido se empleará la ayuda de nomogramas. Ver tabla N°17

Tabla N°17 Cálculo de tuberías para circuitos neumático.

TABLA N° 3- Cálculo de pérdida de carga y diámetro de tuberías en función de la presión de trabajo y caudal de aire libre.



Fuente: José Roldan Viloria, Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada, editorial Thomson Paraninfo, 2002 ,291pg

Una vez encontrado el caudal y seleccionado la tubería adecuada para el mismo se debe revisar los elementos que generan pérdidas como codos, té y demás, para con ayuda de la tabla N°18 de longitudes equivalentes, calcular una distancia de conducto adicional que se añaden a la sección inicial para poder encontrar el diámetro correcto de tubo que se colocará en la red principal de distribución de aire.

5 codos a 90°	5*0,2m=1m
1 válvula de esfera	1*1,1m=1,1m
1 T estándar	<u>1*0,5m=0,5m</u>
Total	2,6m

Tabla N°18 Longitudes de tubería equivalentes para accesorios del conducto principal.

Accesorio	15	20	25	30	40	50	65	80	100	125
Codo Elbow	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,1	1,4	1,8	2,4	3,2
Curva a 90°	0,1	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5
Codo de 90"	1,0	1,2	1,6	1,8	2,2	2,6	3,0	3,9	5,4	7,1
Curva de 180°	0,5	0,6	0,8	1,1	1,2	1,7	2,0	2,6	3,7	4,1
Válvula esfér.	0,8	1,1	1,4	2,0	2,4	3,4	4,0	5,2	7,3	9,4
Válvula comp.	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,9	1,2
T" estándar	0,1	0,5	0,2	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5
T" lateral	0,5	0,7	0,9	1,4	1,6	2,1	2,7	3,7	4,1	6,4

Fuente: Neumática Smc España S.A., Neumática, editorial Thomson Paraninfo, España, 2003,305p

Según los valores determinados en el cálculo el diámetro del tubo que se necesita para nuestro sistema es de una pulgada.

3.2.3 Funcionamiento de la lavadora de envases

La máquina lavadora de envases que se aprecia en la figura N°24 cuenta con una canastilla que puede girar por medio de un accionamiento manual de palanca y fijación con un resorte en la posición deseada; en este equipo se colocan hasta 7 recipientes para poderlos higienizar interiormente por medio de un sistema de siglores que rocía una solución desinfectante, concluido este proceso se colocan de forma manual en la banda transportadora para ser trasladados hacia la llenadora.

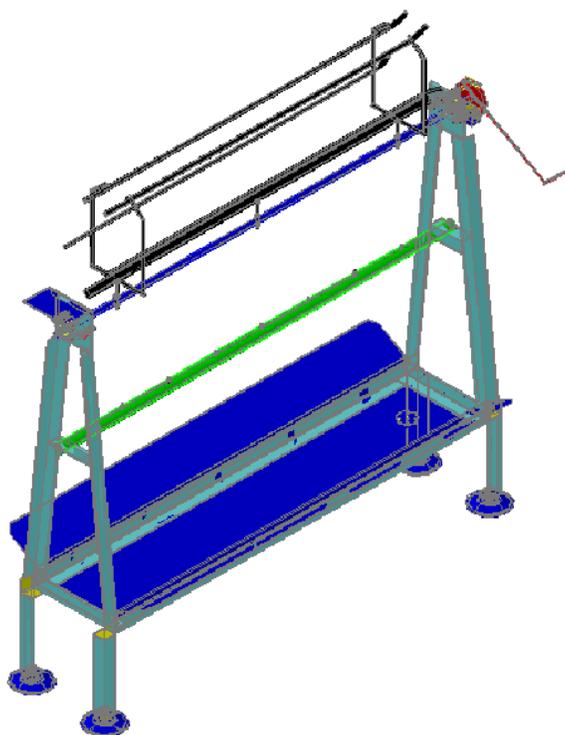


Figura N° 24 Lavadora de envases

3.2.4 Máquina llenadora

En esta máquina que observamos en la figura N° 25 se llenan 6 envases de cinco litros en un ciclo por medio de electro valvulas que se activan mediante el sistema de control programado en el PLC, el nivel de liquido es detectado por sensores tipo capacitivo que cortan el suministro de agua, los resipietes que pasan esta face continuan en la banda trasportadora donde se les coloca la tapa de forma manual por el operario, quedando listos para ser sellados en la máquina encapsuladora.

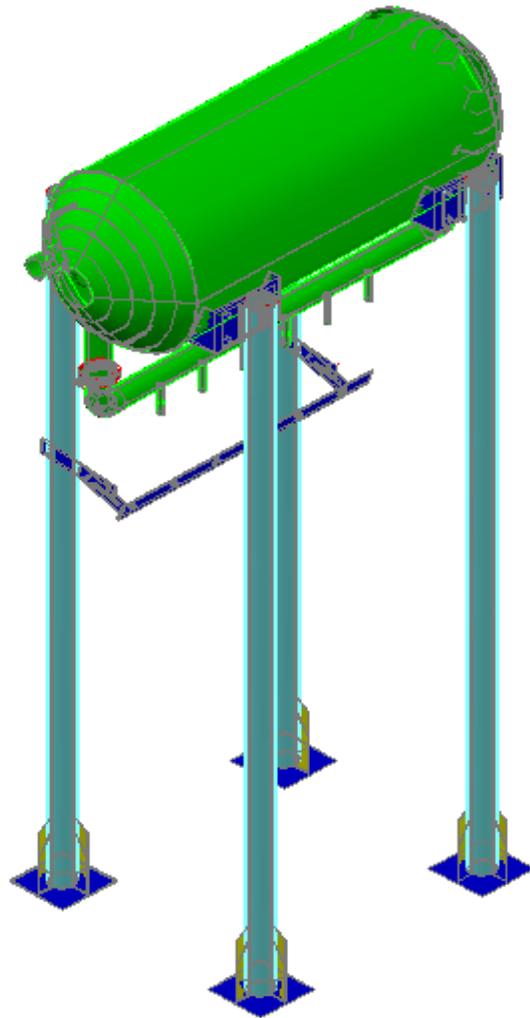


Figura N° 25 Llenadora

3.2.5 Banda transportadora

Es la máquina que podemos mirar en la figura N° 26, encargada de trasladar los envases desde que se inicia la línea de agua purificada en la máquina lavadora, hasta su final en la encapsuladora, en su estructura lleva incorporada sensores fotoeléctricos que según la programación en el PLC activan cilindros de doble efecto que sirven para posicionar los envases a ser cargados en la llenadora.

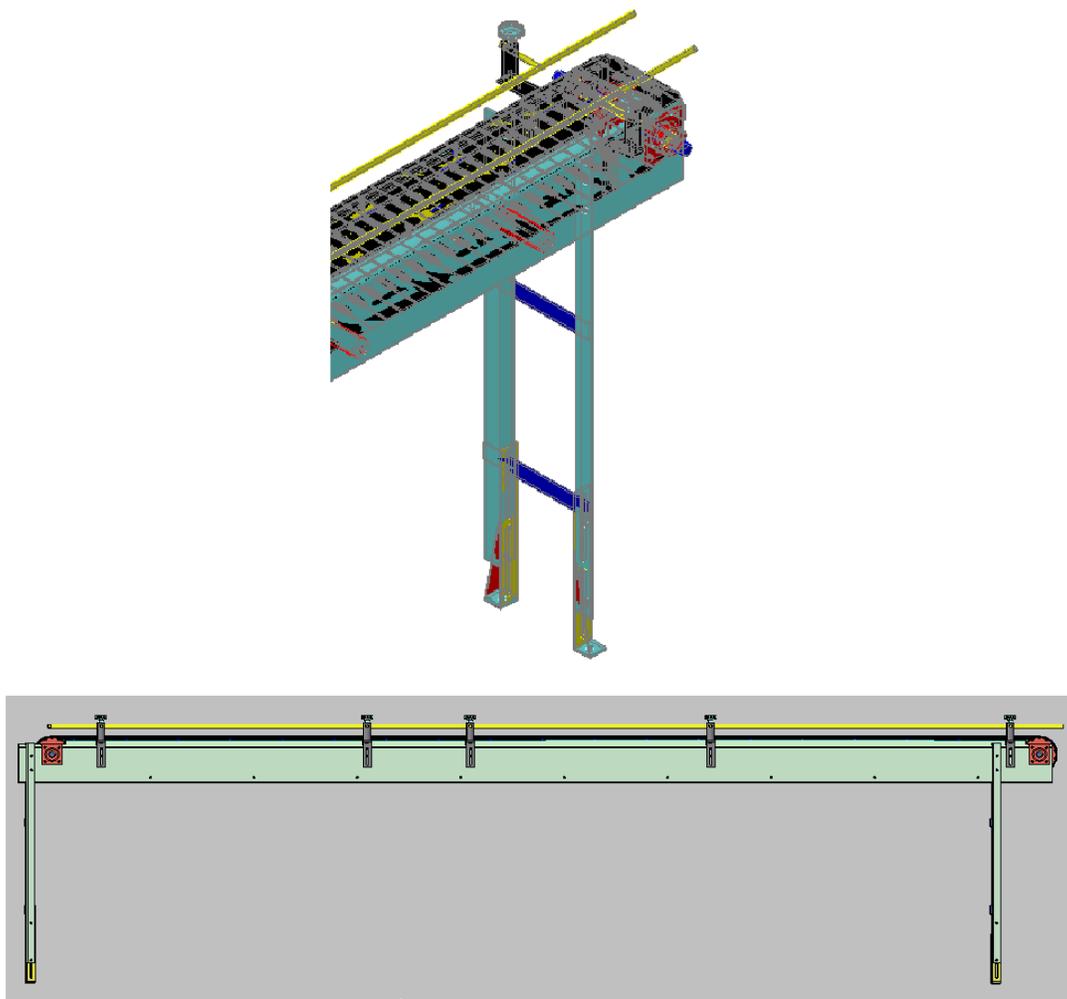


Figura N° 26 Banda transportadora

3.2.6 Máquina encapsuladora

Es la máquina donde se sellan los envases por medio de una boquilla que tiene un sistema de torque graduado, su mesa es desplazable verticalmente para poder colocar envases de mayor o menor capacidad y que sean encapsulados, dándonos una mayor versatilidad frente a otro tipo de maquinas de similares características, la estructura de la misma se admira en la figura N°27.

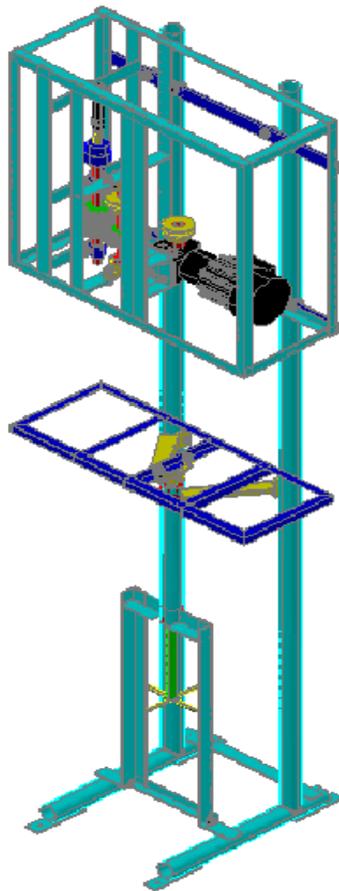


Figura N° 27 Máquina encapsuladora

3.2.7 Programación en el PLC

En la figura N°28 podemos identificar la programación utilizada en el PLC siemens S7-200 con el que se controla la automatización de la nueva línea de envasado.

Donde:

Q_{1,1} hasta Q_{1,6} son las salidas que controlan las electro válvulas

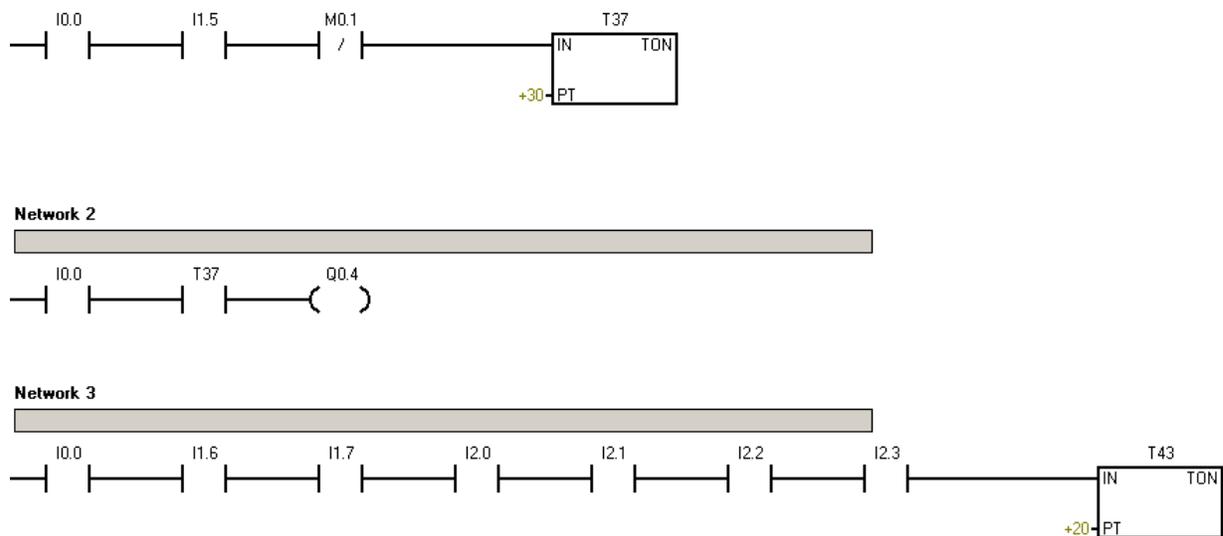
C₁ es un contador

T_{off} es un temporizador off delay

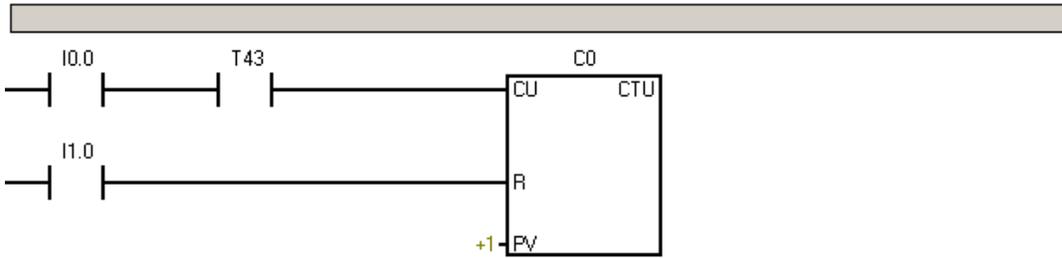
T_{on} es un temporizador on delay

I_{1,6} hasta I_{2,0} son las entradas

Figura N°28 Programación del PLC S7-200



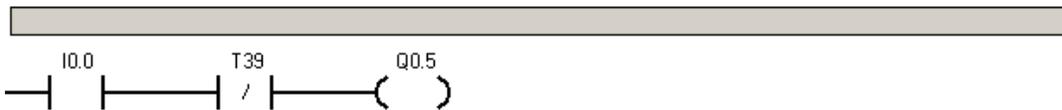
Network 4



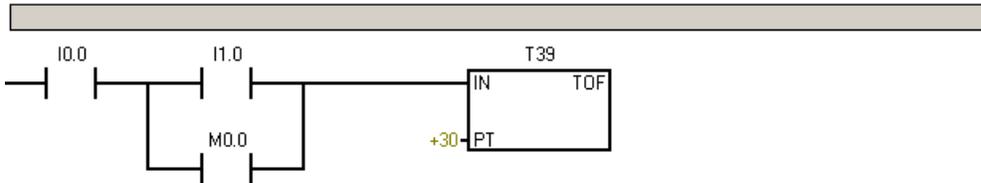
Network 5



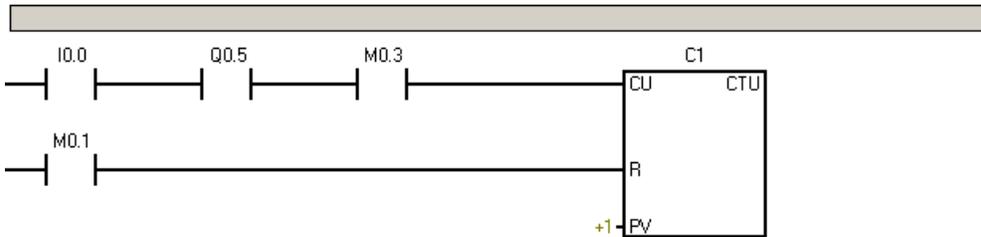
Network 6



Network 7



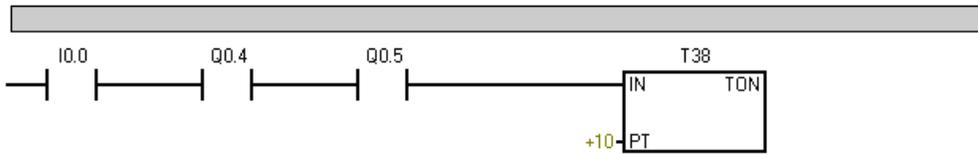
Network 8



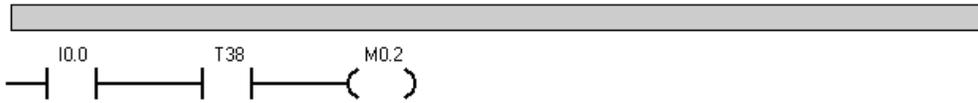
Network 9



Network 10



Network 11



Network 12



Network 13



Network 14



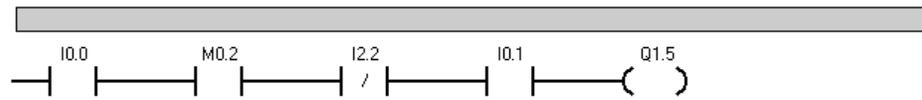
Network 15



Network 16



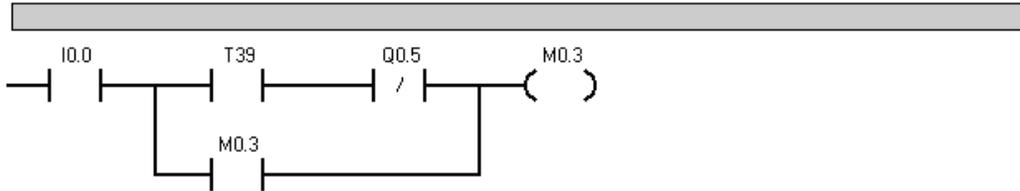
Network 17



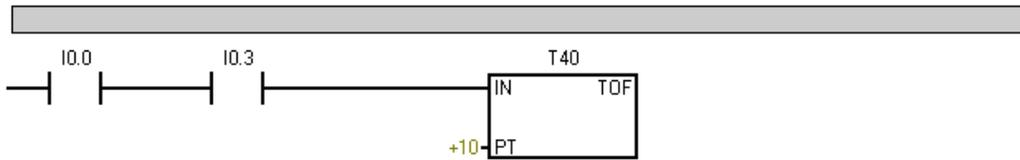
Network 18



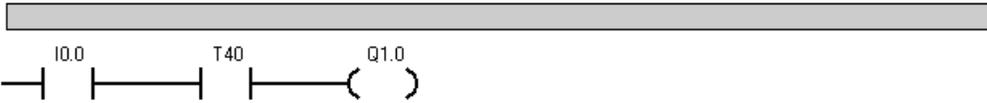
Network 19



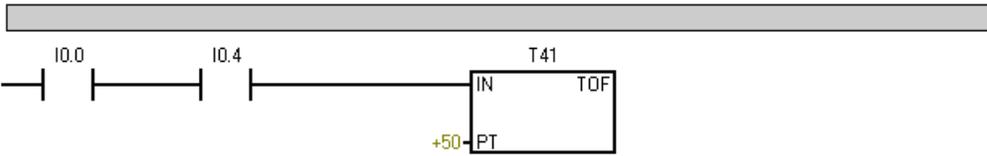
Network 20



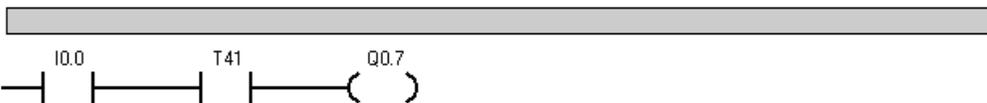
Network 21



Network 22



Network 23



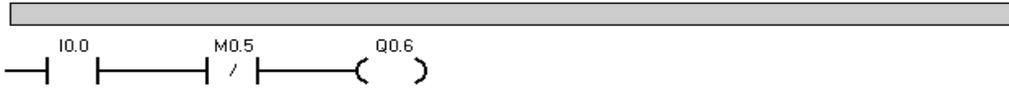
Network 24



Network 25



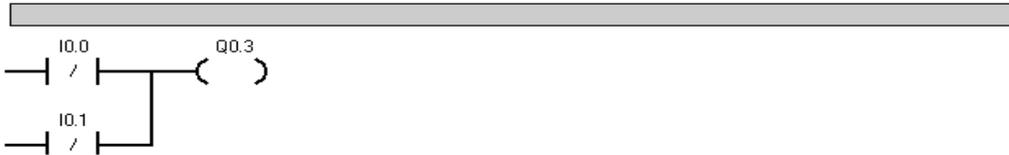
Network 26



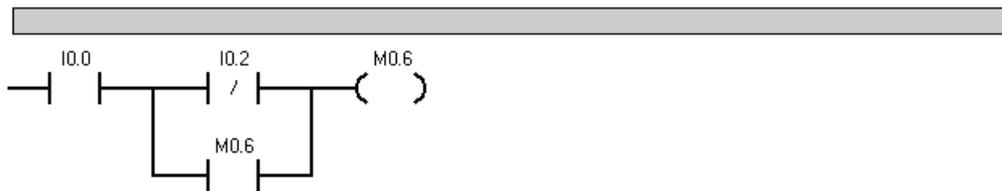
Network 27



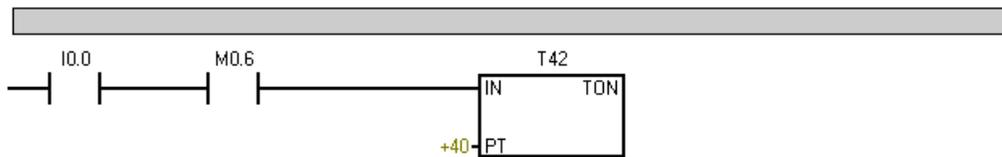
Network 28



Network 29



Network 30



Network 31



3.2.8 Implementación de la línea de envasado

La nueva línea de envasado como se planeo desde un inicio aprovecha la disposición de las maquinas con las que cuenta la empresa GranBottle Cía. Ltda. que son la lavadora, llenadora y banda transportadora las mismas que han sido adecuadas para que funciones con una envases de capacidad volumétrica de 5 litros, se construyo una máquina encapsuladora con el fin de completar la secuencia de maquinas antes descritas la misma que puede adaptarse a diferentes tipos de envases y tamaños dependiendo de las necesidades de producción.

Esta secuencia de funcionamiento semiautomática es controlada por un PLC S7-200 que recibe señales para su puesta en marcha de sensores foto eléctricos y capacitivos que señalan el posicionamiento de los envases y que actividad se debe hacer en dicho instante, como son el lavado interior, el avance o detención de la banda transportadora, el posicionamiento y llenado de los envase y la encapsulación del envase como último paso dentro de la secuencia de funcionamiento de nuestro proceso.

3.5 Análisis de resultados

Una vez realizada la puesta en marcha de esta nueva línea de envasado y realizadas las pruebas de su correcto funcionamiento se pudieron obtener los resultados que se observan en la tabla N°19 que indican un solo ciclo de funcionamiento..

Tabla N°19 Resultados obtenidos en la nueva línea

	Numero de envases	Tiempo(segundos)
Máquina Lavadora	7	10
Banda Transportadora	7	27
Máquina Llenadora	6	25
Máquina Encapsuladora	6	60
	Total tiempo	122

CAPITULO 4

COSTOS

Un costo es pago en efectivo o su equivalente, o el compromiso de pagar en efectivo en el futuro con el objeto de generar ingresos, por tal motivo la empresa GranBottle Cía. Ltda. a tenido que invertir para lograr el funcionamiento de la nueva línea de envasado de agua, en la compra de las máquinas lavadora, banda transportadora y llenadora, así como en la fabricación de la encapsuladora, a continuación se indicara el costo de inversión para la construcción de la máquina encomendada para su fabricación.

Para la encapsuladora se tomaron como referencia los siguientes elementos que detallan a continuación

- Costo de materiales, lo que se refiere a ejes para la transmisión de movimiento, ángulos para la estructura, platinas como elementos de sujeción y demás.
- Costo de insumos, accesorios como por ejemplo: chumaceras, banda trapezial, pernos, motor reductor, entre otros.
- Costo de maquinado, en el que intervienen las horas de utilización de maquinaria, armado de la estructura.
- Costo de montaje mecánico de la nueva línea de envasado.
- Imprevistos, para cubrir algún tipo de inconveniente que se presente durante la construcción y el montaje en la planta.

Costo de materiales

Tabla N°20 Elementos del sistema de transmisión

Denominación	Tipo de material	Dimensión bruta		Cantidad	Precio Unitario(USD)	Precio total (USD)
		Ø ext.	longitud			
Ejes	AISI 304	¾ plg	950mm	1	12,32	11,63
Rueda dentada	Duralón	95mm	85mm	1	312,5	29,38
Piñón	Duralón	75mm	45mm	1	243,75	13,16
Bocín rodamiento	AISI 304	52mm	61mm	1	142,41	9,83
Bocín	AISI 304	1 ¹ / ₂ plg	38mm	2	57,69	5,76
Bocines roscados	AISI 304	2plg	50mm	2	87,95	10,91
Eje roscado	AISI 304	25,4mm	750mm	1	26,95	24,12
					Total (USD)	104,79

Tabla N°21 Planchas y platinas

Denominación	Tipo de material	Dimensión bruta			Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
		largo	ancho	espesor			
Cubierta exterior	AISI 430	2440mm	1220mm	0,5mm	1	34,43	34,43
Platina	AISI 304	6000mm	38mm	3mm	2	55,77	111,54
Platina	AISI 304	9000mm	38mm	6mm	2	75	112,5
Platina	AISI 304	820mm	40mm	6mm	1	12,5	12,5
Platina	AISI 304	600mm	50mm	6mm	1	16,07	16,07
						Total (USD)	287,04

Tabla N°22 Tubo redondo y Ángulo

Denominación	Dimensión	Cantidad	Precio unitario(USD)	Precio total (USD)
Tubo redondo	Ø25x1,2x3000 (mm)	1	65,36	65,36
Ángulo	25x25x3 x6000(mm)	2	49,11	98,22
Ángulo	40x40x3x5160mm	1	84,82	84,82
Acero perforado	Øe40Øi20x90(mm)	1	4,36	4,36
			Total (USD)	252,76

Costo de Insumos

Tabla N°23 Insumos

Denominación	Dimensiones	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
Moto reductor	NA	1	336	336
Polea trapecial	Ø3plg	2	3	6
Banda trapecial	Tipo A 25plg	1	2,50	2,50
Prisionero	M6x6mm	2	0,14	0,28
Seguro interior	Ø38mm	1	1,50	1,50
Banda Trapecial	Tipo A 25plg	1	5	5
Chaveta	6x6x180mm	1	2	2
Chumacera de pared	Ø19mm	3	20	60
Rodamiento de bolas	17x35x10mm	2	4,50	9
Perno inoxidable	M10x25mm	29	0,55	10,45
Arandela plana inox.	3/8plg	58	0,12	4,56
Tuerca inoxidable	M10	19	0,28	5,32
Rodamiento	Ø17 x40x12mm	2	3	6
Vincha	Ø38mm	1	1,50	1,50
Cilindro Neumático	Øext16,Øvast8x40mm	1	100	100
Perno expansor	3/6x1 ⁷ / ₈ plg	4	0,14	0,56
Boquilla magnética	Ø80x120mm	1	1500	1500
Electrodos	Ø3/32 plg	2Kg	20	40
Duralon	Ø55x260mm	1	132,14	34,89
Disco de desbaste	Ø4 plg	1	1,80	1,80
Disco de corte	Ø4 plg	1	2,10	2,10
			Total (USD)	2149,96

Tabla N°24 Costo maquinado

Denominación	Tornó		Fresadora		Costo Total (USD)
	Tiempo horas	Costo Hora	Tiempo horas	Costo Hora	
Eje fijo	0,30	12	0,30	15	8,1
Eje móvil	1	12	0,30	15	16,5
Rueda dentada	0,30	12	2	15	33,6
Piñón	0,30	12	1,30	15	23,10
Bocín rodamiento	1,45	12	-----	15	18
Acople cilindro	0,30	12	-----	15	6
Bocín	1	12	-----	15	12
Bocín roscado	2	12	-----	15	24
				Total (USD)	141,3

Tabla N°25 Costo de terceros

Denominación	Costo total (USD)
Costo de soldadura por armado de la capsuladora	500
Corte de tol	4
Doblado de tol carcasa	15
Total (USD)	
	519

Tabla N°26 Costo total

Costo de Construcción	
Descripción	Cantidad(USD)
Elementos del sistema de transmisión	104,79
Planchas y platina	287,04
Tubo redondo y ángulo	252,76
Insumos	2149,96
Costo maquinado	141,3
Costo de terceros	519
Total (USD)	3454,85

Otros costos	
Imprevistos5%	172,74 (USD)
Diseño5%	172,74 (USD)
Total(USD)	345,48(USD)

Costo Total	
Descripción	Cantidad(USD)
Costo de Construcción	3454,85
Otros costos	345,48
Total (USD)	3800,34

Nota: costo adicional por montaje mecánico en la planta y pruebas de funcionamiento: 200 USD, previa verificación del lugar de montaje.

CONCLUSIONES

Con una sola línea de envasado de agua purificada en envases con capacidad de 19 litros la empresa GRANBOTTLE Cía. Ltda. no aprovecha de forma eficiente la totalidad de su infraestructura instalada para purificar agua.

El diseño y puesta en marcha de la nueva línea de envasado para recipientes de menor volumen permite diversificar la producción con la que cuenta la empresa para llegar a un mayor número de clientes.

La automatización de la línea busca evitar al mínimo el contacto de las personas que trabajan en la planta con el producto que se envasa y evitar que se contamine en alguna de las etapas en las que se embotella el agua.

Se aprovechó las máquinas con las cuales contaba la embotelladora para adaptarlas a las condiciones que se presentaron en la puesta en marcha de la nueva línea de agua purificada.

La encapsuladora diseñada presenta un mecanismo que regula la altura de la mesa haciéndola versátil para poderla adaptar a otros tipos de envase de mayor o menor altura.

RECOMENDACIONES

Para evitar la presencia de la oxidación de los materiales se debe trabajar con materiales que eviten este problema como puede ser el acero inoxidable o los polímeros plásticos como el duralón.

Evitar el uso de lubricante y utilizar materiales con bajo coeficiente de rozamiento para el diseño de los elementos móviles de las máquinas con el fin de evitar que se pueda presentar un foco de contaminación con el agua purifica.

La distancia a la cual se debe colocar los sensores capacitivos en la llenadora es muy importante ya que de quedar muy cerca con respecto a los surtidores una gota de agua que salpique cierra el circuito y no permite el llenado correcto de los envases hasta su nivel requerido.

Para limpiar la soldadura y dejar una superficie lustrosa mate libre partes oscuras procedentes de los carburos de la escoria se debe combinar el uso de cepillos de limpieza y ácido.

Para poder realizar los agujeros en el acero inoxidable se debe comprar brocas especificadas para perforar este material o modificar el ángulo de afilado de las brocas para lograr hacer los agujeros con mayor facilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Avallone Eugene A; Baumeister Theodore, Manual del Ingeniero Mecánico, editorial Mc Graw Hill, 9ª edición, México, 1995, 982p
- Faires Vilgil Moring, Diseño de Elementos de maquinas, editorial Limusa4a edición, México, 2003, 802p
- Gere James M, Resistencia de Materiales, editorial Thomson,5ª edición, Madrid, 2002, 926p
- J Glynn Henry y Gory W. Heike, Ingeniería ambiental, editorial Person Educación segunda edición, México, 2003, 510p
- Joset e. Shigley, Charles R. Mischke, Diseño en Ingeniería Mecánica Sexta Edición, Editorial Mc Graw Hill, 6ª edición, Mexico, 2003, 1257p
- Juvinall Robert C; Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica, editorial Limusa, 5ª edición, México, 1997,821p,
- Kurt Gieck, Manual de formulas técnicas, editorial Alfaomega 19ª edición, Mexico, 1993.
- Larburu Arrisabalaga Nicolás, Maquinas Prontuario; Técnicas Maquinas Herramientas, editorial Thomson, 13ª edición, México, 2003,623p
- Millán Teja Salvador, Automatización Neumática y Electrónica, editorial Alfaomega, Santafé de Bogotá, 1998, 250p.
- Norton Robert L, Diseño de Maquinas; editorial Prentice-Hall, 1999,1048p.
- Ortiz Berrocal Luis, Resistencia de Materiales, editorial Mc Graw Hill, 2ª edición, Madrid, 2002, 584p
- Robert A. Corbett, Manual de referencia de la ingeniería ambiental, editorial MC GraW Hill México, 2001, 613p
- Rolan Vilorio José, Prontuario de Neumática Industrial; Electricidad Aplicada, editorial Tomson Learning
- Siemens, Sistemas de Automatización SIMATIC, catalogo, New York, 1996, 675p

PÁGINAS DE INTERNET

- <http://www.redpermacultura.org/articulos-categorias/28-gestion-del-agua/343-el-agua-que-consume-el-plastico.html>
- <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica9.htm>
- <http://contaminacion-purificacion-agua.blogspot.com/>
- <http://www.lapampa.edu.ar/epet1/epetics/Polimodal/electro/modulos/4-cal-dis/Dise%C3%B1o%20y%20Selecci%C3%B3n%20del%20mando%20a%20Correas%20en%20V.doc>
- http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_hipot%C3%A9tico_deductivo
- <http://www.aquapurificacion.com/llenadorasylavadoraautomaticagarrafon.htm>
- http://www.equitek.com.mx/?gclid=CJ6Uqo_FqJQCFQVxFQodsxjGuA
- <http://www.rpaonline.com.ar/tapadoras.htm>
- http://fzarchiv.sachon.de/index.php?pdf=Fachzeitschriften/Getraenke-Fachzeitschriften/BBIE/2000/01_00/BBIE_01-00_8-10_4_en_lugar_de_1.pdf
- www.quedateaki.com/es/ppt/galeria.php?cod_file=1
- <http://www.plasticospublicitariosdecolombia.com.co/somos/tiposdeplasticos.html>
- <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040007/lecciones/cap10.htm>
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMh1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm#Campos%20de%20aplicaci%C3%B3n>