

Rediseño de una lavadora de bidones para envasado de agua tratada

Roberto A. Caicedo Chica
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
racaiced@espol.edu.ec

Ernesto Martínez Lozano Ing.
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
emartinez@espol.edu.ec

Resumen

El objetivo de esta tesis es aplicar los conocimientos adquiridos, para realizar el rediseño de una lavadora manual para bidones de una empresa de tratamiento de agua, se establecerán las condiciones de diseño optimo para disminuir el tiempo en el proceso de lavado de los bidones que son utilizados en el proceso de envasado de agua tratada el cual es realizado manualmente, en donde los tiempos de lavado varían entre 40 y 60 botellas por hora; queriendo llegar a obtener un tiempo estándar de 120 botellas por hora, mediante la automatización de la máquina.

Para el desarrollo de esta tesis se diseñará, cada una de las partes necesarias que se requiera para mejorar el desempeño del equipo tales como la estructura, al igual que se harán los cálculos necesarios para la selección de los equipos necesarios, analizando costos y alternativas posibles. Además de la selección de los materiales a utilizarse, y la realización de cronogramas y de un plan de trabajo para la ejecución de las modificaciones.

Finalmente, se espera que la implementación de estas modificaciones sea analizada por la empresa, para así poder solucionar sus problemas de producción.

Palabras Claves: lavadora, bidones, rediseño.

Abstract

The objective of this thesis is to apply the acquired knowledge, to realize the redesign of a manual washing machine for water bottles, will be established the conditions for an optimum design to reduce the process time of the washing of bottles that are used on the process of bottling water that is realized manual, where the time of washing are between 40 and 60 bottles per hour, trying to obtain a standard time of 120 bottles per hour, through the automation of the machine.

For the development of this thesis, would be designed every necessary part that could be required for improve the work of the equipment as the structure, also would be done calculates necessities for the selection of equipments necessary analyzing costs and possible alternatives. Also the selection of materials that would be used, and the realization of a chronogram and schedule of work for the execution of the modifications.

Finally, is expected that the implementation of these modifications would be analyzed by the enterprise, to solve their production problems.

1. Introducción

Hoy en día la producción de bebidas es muy competitiva; existiendo en el mercado un sin número de empresas dedicadas al procesamiento y embotellado de bebidas, tales como el agua de mesa. Existiendo entre ellas muchas empresas pequeñas que tratan de abarcar parte del mercado. Pero no siempre estas pequeñas empresas poseen los recursos económicos y equipos adecuados para aumentar su capacidad de producción. Las cuales con la finalidad de aumentar su competitividad y eficiencia tratan de adquirir equipos o máquinas económicas, de fácil manejo, instalación y mantenimiento.

Muchas de las máquinas que se pueden adquirir en el mercado exterior, son muy eficientes y cumplen con los requerimientos de producción, pero a su vez su importación puede ser muy costosa al igual que los trabajos de mantenimiento.

Como una de las alternativas de solución a este problema, esta la construcción de maquinaria en el país, con la finalidad de obtener una máquina de bajo costo en fabricación y mantenimiento. Cumpliendo con las normas de seguridad e higiene que deben tener este tipo de máquinas.

2. Objetivo

Debido a la necesidad de aumentar la producción, se tiene como principal propósito disminuir el tiempo de producción, luego de identificar que el proceso de lavado es el que genera el cuello de botella.

La alternativa de utilizar una lavadora viene del hecho que este proceso de lavado se realiza de forma manual, en donde aumentar la producción dependerá mucho de la cantidad de operadores y su desempeño en realizar esta operación. Por lo cual se realizará un rediseño de una máquina lavadora manual.

3. Proceso de purificación y envasado de agua

El procesamiento de purificación del agua depende del origen de esta. Por lo general estas empresas obtienen el agua potable que proviene de la red pública. Aun cuando el agua potable cumple con las condiciones sanitarias, siempre es necesario realizarle un tratamiento, debido a impurezas y bacterias que puede obtener el agua, durante el traslado por tubería desde la planta potabilizadora hasta la empresa. Para el tratamiento del agua se utilizan varios procesos, figura 1. En donde luego de cada proceso se obtiene diferentes tipos de agua.

1. Agua para servicios generales
2. Agua blanda
3. Agua tratada
4. Agua purificada por rayos ultravioletas
5. Agua purificada por ozonización

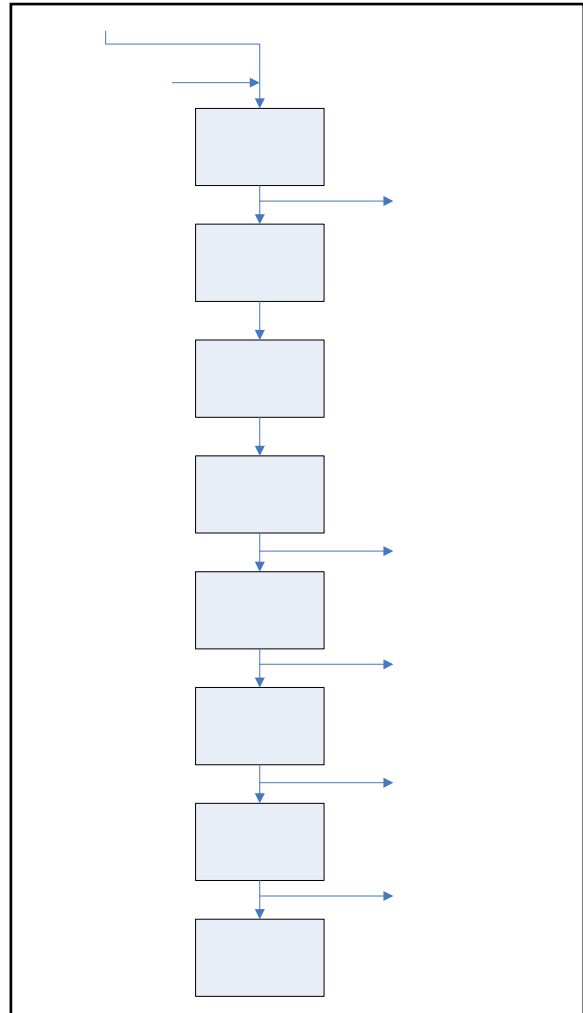


Figura 1. Proceso de tratamiento de agua

Para el proceso de envasado de agua, se realizan varias tareas, empezando desde la recepción del los bodegas, hasta el etiquetado, la figura 2, muestra un esquema del proceso de envasado.

En este proceso sin duda la fase más importante es el lavado, ya que este tipo de envases es retornable, a diferencia de otros tipos de envases descartable donde solo se requiere un enjuague del mismo previo a la etapa de llenado.

Normalmente, antes de realizar el lavado. Los bidones son prelavados con agua filtrada. Luego se continúa con el lavado, el cual se realiza en 3 etapas

con temperatura y productos no cáusticos que no dañen el envase.

En la primera etapa se realiza un intenso lavado interno y externo del bidón, mediante chorros de alta presión, utilizándose para este proceso agua de limpieza acondicionada con químicos con propiedades bactericidas y limpiantes en las concentraciones adecuadas y a un temperatura de 60°C.

Finalmente se realiza un enjuagado interno y externo con agua de similares características a la luego envasada, con la finalidad de eliminar cualquier resto de agua de lavado en la superficie del envase.

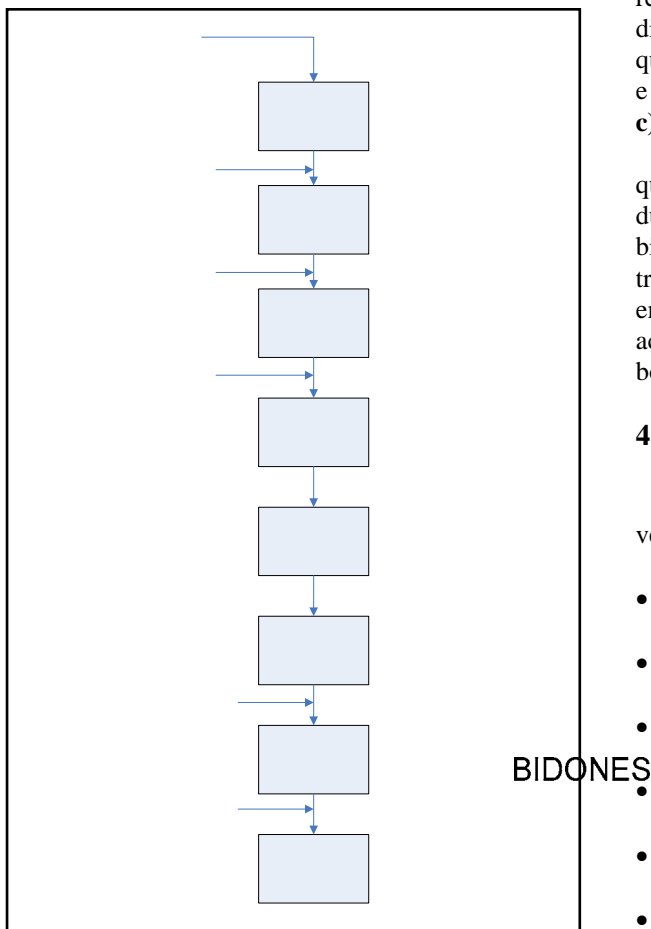


Figura 2. Proceso de envasado

4. Alternativas de solución

Agua Filtrada

Como alternativas se tienen varios tipos de lavadoras que se pueden utilizar en este proceso. Estas se pueden clasificar de acuerdo a su funcionamiento, por lo tanto se tiene que las máquinas lavadoras se clasifican en manuales, semiautomáticas y automáticas.

Agua con químicos bactericidas y limpiantes

a) Lavadoras manuales

Las lavadoras manuales son máquinas en donde se necesita que un operador realice todo el trabajo necesario en el proceso de lavado. Estas no poseen mecanismos que proporcionen el movimiento de los elementos. El operador tiene la tarea de colocar los bidones plásticos en la lavadora, accionar las bombas para el enjuague y lavado, y manualmente proporcionar el movimiento de la máquina para que los bidones se trasladen a cada estación.

b) Lavadoras semiautomática

Las lavadoras semiautomáticas son aquellas máquinas en la que se necesita de un operador que realice ciertas tareas en el proceso, estos equipos a diferencia de los manuales poseen ciertos mecanismos que pueden proporcionar el movimiento de la máquina e incluso el accionamiento de las bombas.

c) Lavadoras automáticas

Las lavadoras automáticas son aquellos equipos que no requieren que un operador realice tarea alguna durante el proceso de lavado. En estos equipos los bidones ingresan y automáticamente se produce el traslado a cada una de las cámaras de lavado y enjuagado, respectivamente. Al igual que el accionamiento automático de las cada una de las bombas.

4.1 Línea automática de llenado y lavado

La instalación de este tipo de equipo tiene muchas ventajas como:

- Realizar el control de ambos procesos en un solo centro de trabajo
- Cumplir con las normas de sanidad requeridas para este tipo de productos.
- Obtener un tiempo estándar en este proceso mejorando así la planificación de la producción.
- Aumentar la producción diaria de agua envasada en bidones.
- Reducción total del personal de trabajo en este proceso.
- Mejorar la eficiencia de todo el proceso
- Reducción de costo por reprocesamiento

A su vez la instalación de una línea de llenado y lavado automática tiene sus desventajas:

- Inversión inicial elevada
- Altos costos de mantenimiento
- Capacitación del personal de operación
- Se debe realizar un diseño de planta apropiado
- Los tiempos de producción de la máquina deben ser acordes a las necesidades de la planta

- Demora en el proceso de importación
- Fuga de divisas

4.2 Línea semi-automática de llenado y lavado

Otra de las opciones que se tiene es la instalación de una línea semiautomática, la cual al igual que la automática también tiene sus ventajas:

- La inversión es menor en comparación con la de una línea automática
- Adquirir una máquina que cumpla con las normas de sanidad para este tipo de productos
- Aumentar la producción diaria de agua envasada en bidones
- Reducción parcial del personal de trabajo en el proceso
- Disminuir la cantidad de productos rechazados

La instalación de una línea de llenado y lavado semiautomática también tiene sus inconvenientes y desventajas:

- Se requiere de personal humano para realizar parte del trabajo en el proceso, como la colocación y el retiro de los bidones
- Los tiempos de producción no se pueden llegar a estandarizar debido a que aun existe personal humano interviniendo directamente en el proceso
- Capacitación del personal de operación
- Realizar un rediseño adecuado de la planta
- Demora en el proceso de importación
- Fuga de divisas

4.3 Modificación de lavadora manual

También existe la posibilidad de modificar el diseño de una lavadora manual, de manera que esta funcione automáticamente, obteniendo ventajas como:

- El costo de construcción de la máquina es menor
- Se adquiere una máquina acorde a las necesidades de producción de la empresa
- Reducción de costos por mantenimiento
- Amplio mercado de repuestos locales
- Se puede ajustar a la disponibilidad del tamaño de la planta, aprovechando el espacio de esta.
- Fortalece el área de construcción de maquinarias en el país.

Al igual que las opciones anteriores la modificación de una máquina lavadora manual también trae consigo ciertas desventajas tales como:

- Falta de experiencia en el diseño y construcción de la máquina
- Dificultades en la construcción de ciertos mecanismos
- Dificultades en el montaje
- Problemas para adquirir los sistemas eléctricos necesarios
- No siempre se obtiene lo planeado

4.4 Selección de alternativa viable

Para la selección de la alternativa viable, se realizó una matriz de decisiones con las alternativas analizadas anteriormente, tabla 1.

Tabla 1. Matriz de decisión

| MATRIZ DE DECISION | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------------------|------|----|----|----|----|-----|----|
| BENEFICIOS | | PESO | A | | B | | C | |
| 1 | Baja Inversión | 10 | 1 | 10 | 3 | 30 | 4 | 40 |
| 2 | Reducción de personal | 7 | 4 | 28 | 3 | 21 | 4 | 28 |
| 3 | Costo de mantenimiento | 9 | 2 | 18 | 2 | 18 | 3 | 27 |
| 4 | Adaptabilidad al área de instalación | 8 | 3 | 24 | 3 | 24 | 4 | 32 |
| | | | 80 | | 93 | | 127 | |

4: MUY BUENO

3: BUENO

2: REGULAR

1: MALO

Tomando en cuenta cuatro factores importantes al momento de tomar una decisión tales como, el costo

de inversión, la reducción de personal, los costos de mantenimiento y la adaptabilidad al área de la empresa.

Luego de realizar la matriz de decisión se llegó a la conclusión de que la alternativa más viable es la construcción de una máquina lavadora. Ya que los costos de inversión son menores, al igual que los gastos de mantenimiento, y se obtiene una reducción de personal, además de la opción de ajustar el equipo al tamaño disponible en la planta. Sin embargo esta decisión depende del departamento encargado del proyecto y de los factores que ellos consideren más importante.

5. Modificación de lavadora manual

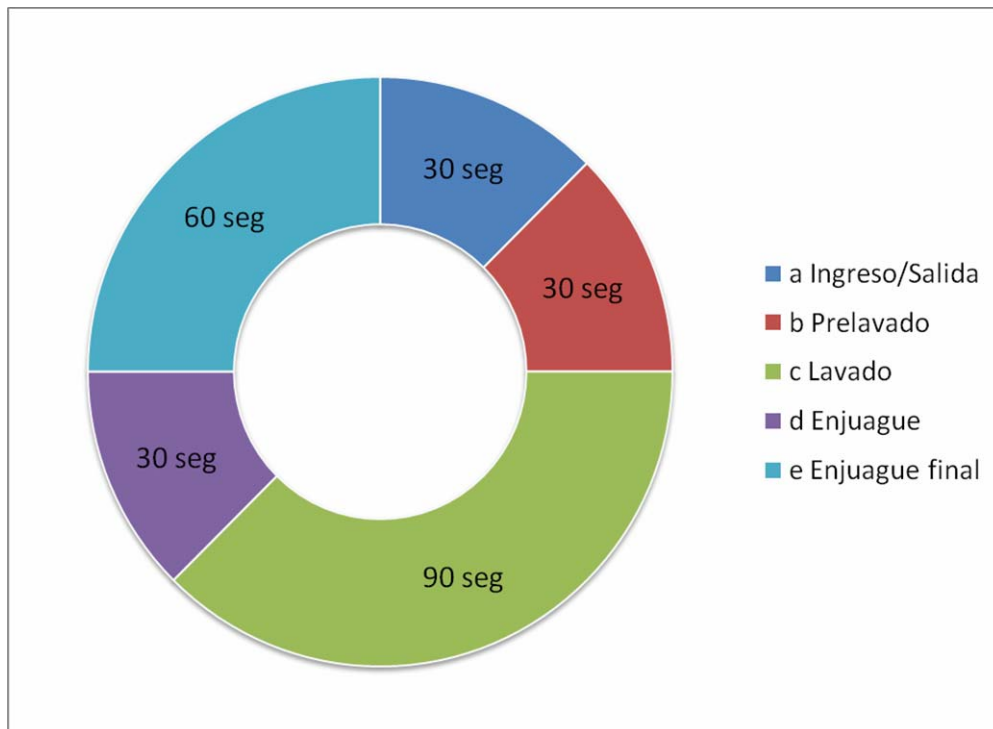


Figura 3. Esquema de tiempos

El proceso de lavado cuyo tiempo de duración es de 240 segundos, comienza en la estación de Ingreso/Salida, donde el bidón es colocado boca abajo, introduciendo el cuello de este en el soporte de arrastre, esta tarea se realiza manualmente por el operador, el cual también tiene la tarea de retirar los bidones ya lavados.

El agua que se utiliza en cada estación es almacenada en tres tipos de cisternas, las cuales están

Para iniciar con el diseño de la lavadora de bidones automática, se necesita conocer la capacidad a la que se quiere que trabaje la máquina. En este caso dicha capacidad será de 120 bidones por hora. Para lo cual se requiere diseñar todo el sistema motriz ya que Actualmente solo existe un soporte en forma de trípode, sobre el cual descansa el soporte de bidones giratorio.

La máquina que se va a diseñar es del tipo rotativa. Para el proceso de lavado se necesitan 3 fases como; prelavado, lavado y enjuague. El sistema utiliza 8 estaciones, cada estación emplea un tiempo de 30 segundos para realizar la tarea correspondiente. Por lo que en una hora (3600 segundos) se puede llegar a lavar 120 bidones.

ubicadas debajo de las estaciones correspondientes. Mediante un sistema de bombeo se hace circular el agua contenida en las cisternas, la cual es roseada a presión sobre los bidones al igual que en su interior. Además se utiliza un intercambiador de calor para mantener la temperatura en la cisterna que contiene la solución caustica utilizada en la fase de lavado.

La máquina lavadora a diseñar es del tipo rotativa, por lo cual la geometría que tiene esta, es en forma de

anillo. En su centro se ubica la estructura giratoria la cual rota sobre un eje vertical, esta estructura posee 8 soportes donde se colocaran los bidones boca abajo.

Estos soportes están diseñados de forma que el ingreso y salida de los bidones sea lo más rápido posible, además de asegurar que el bidón permanezca fijo durante todas las fases de lavado.

Debajo de cada estación se encuentran las cisternas que contienen el agua a utilizarse para la estación respectiva. Ya sea esta agua limpia, agua con soda caustica o agua reciclada. Para cada etapa se utilizan dos boquillas, que son las encargadas de rociar el agua o detergente a presión, en el interior y exterior del bidón.



Figura 4. Lavadora manual de bidones

Para seleccionar los materiales de construcción es importante tomar en cuenta que las condiciones de trabajo son sumamente húmedas y en contacto con líquidos.

Ya que la máquina posee un movimiento intermitente giratorio, se utilizará un mecanismo de ginebra para generar dicho movimiento, todo el mecanismo de rotación se encuentra ubicado en la parte inferior de la máquina.

El eje giratorio será un tubo colocado verticalmente, en sus extremos tendrá un bocín, los cuales le darán mayor estabilidad. Este tubo irá en el interior de otro tubo de mayor diámetro, el cual estará

unido con bridas en cada extremo, uno a la bancada y otro a la estructura giratoria.

Para el diseño del eje se analizaron los esfuerzos a cortantes máximo para el diseño estático. Para el diseño a fatiga, se consideraron las cargas fluctuantes producidas por el torque, determinando los esfuerzos por Von Mises, finalmente analizando los esfuerzos con la relación de Goodman para fatiga.

Además se realizó un análisis de rigidez y estabilidad, para determinar que tipo de columna es, y determinar la carga crítica que produzca un pandeo en la columna.

Para el calentamiento del agua se realizaron los cálculos necesarios para determinar el tamaño del

intercambiador de calor, en este caso se utiliza un intercambiador de tubos, el cual debe calentar la solución caustica a 60°C. Para el sistema hidráulico se determino la capacidad necesaria de cada bomba, ya que para el lavado de bidones se requiere que exista una cierta presión a la salida de cada boquilla. Se determinó que la potencia de cada bomba era de 1/2HP, 3/4 HP y 1 HP.

Para la selección del sistema motriz se realizó una matriz de decisiones, donde se analizaron las siguientes alternativas:

- a) Sistema de rotación con piñón y cadena
- b) Sistema de rotación neumático
- c) Sistema con motorreductor

Para la matriz se tomar en cuenta factores como costos, facilidad de montaje, trabajos de mantenimiento y precisión. Llegando a la conclusión de que la mejor opción es un motorreductor. Ya que la maquina debe realiza una vuelta en 30s segundos, el motorreductor debe tener una salida de 2RPM

Tabla 2. Matriz de decisión

| MATRIZ DE DECISIONES | | | | | | | | |
|----------------------|---------------|------|---|-----|---|----|-----|-----|
| BENEFICIOS | | PESO | A | | B | | C | |
| 1 | Costo | 9 | 4 | 36 | 2 | 18 | 3 | 27 |
| 2 | Montaje | 7 | 3 | 21 | 4 | 28 | 4 | 28 |
| 3 | Mantenimiento | 8 | 3 | 24 | 3 | 24 | 4 | 32 |
| 4 | Precisión | 10 | 4 | 40 | 3 | 30 | 4 | 40 |
| | | | | 121 | | | 100 | 127 |

4: MUY BUENO

3: BUENO

2: REGULAR

1: MALO

6. Resultados

Luego de realizar un análisis de costos, se tiene que el costo de realizar la lavadora localmente es de aproximadamente \$13000, en comparación a la importación de una maquina de similares características cuyo valor esta alrededor de los \$20000, el ahorro es considerable.

- La garantía de la máquina es más viable, ya que el fabricante al igual que los proveedores se encuentran en el país. Y sus partes constitutivas existen en el comercio.
- Los costos y tiempo de mantenimiento se reducen, ya que todos los elementos y técnicos de la máquina se los consigue en muy corto tiempo.

7. Conclusiones

- Este tipo de trabajo es posible realizarlo en el país, sin recurrir a tecnología extranjera, por cuanto en el país existe mano de obra calificada y no calificada.
- Realizando la construcción localmente se evita fuga de divisas.
- El precio de una máquina fabricada localmente es menor que su importación.
- Los tiempos de construcción pueden llegar a ser los mismos que el de transporte de equipos de importación.

8. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar un motorreductor de 2 rpm de salida, evitando la utilización de sistema de engranaje.
- Automatizar totalmente la máquina, instalando un sistema de ingreso y salida automático de los bidones.

9. Referencias

- [1] NORTON ROBERT, Diseño de Maquinaria, Tercera Edición, McGraw Hill, México 2005

- [2] BEER JOHNSTON, Mecánica vectorial para ingenieros “Estática”, Sexta Edición, McGraw Hill, México 1997
- [3] BEER JOHNSTON, Mecánica vectorial para ingenieros “Dinámica”, Sexta Edición, McGraw Hill, Madrid 1998
- [4] NORTON ROBERT, Diseño de Máquinas, Prentice Hall, México 1999
- [5] NTN, Rodamiento de Bolas y Rodillos, Catalogo No. 2202-VII/S, 2004
- [6] BAUMEISTER AVALLONE, Marks. Manual del Ingeniero Mecánico, McGraw Hill, Bogotá 1982, 8-127 pág.
- [7] MOTT ROBERT, Mecánica de Fluidos Aplicada, Cuarta Edición, Prentice Hall, México 1996
- [8] DIPAC, Catalogo de Aceros
- [9] CASAL CECILIA, “Diseño de una Máquina Enjuagadora Automática de Botellas No Retornables” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Eléctrica y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006)
- [10] ANCHALUISA FRANCISCO, “Diseño de una Lavadora Semiautomática de para bebidas gaseosas” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1998)