



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: ADECUACIÓN DEL MÓDULO DE LAVADO DE MANOS EN SANITARIOS  
PÚBLICOS PARA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE INFECCIÓN POR SARS-COV-2.**

**AUTOR: SEBASTIÁN BENJAMÍN CELI MARCILLO**

**DIRECTOR: PhD. MARCO ANTONIO CIACCIA SORTINO**

**IBARRA, 2021.**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE**  
**LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	1723916795
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Celi Marcillo Sebastián Benjamín
<b>DIRECCIÓN</b>	Santo Domingo de los Colorados – Ecuador.
<b>EMAIL</b>	sbcelim@utn.edu.ec
<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0996156654

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO</b>	“ADECUACIÓN DEL MÓDULO DE LAVADO DE MANOS EN SANITARIOS PÚBLICOS PARA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE INFECCIÓN POR SARS-COV-2.”
<b>AUTOR(ES)</b>	Celi Marcillo Sebastián Benjamín
<b>FECHA</b>	Mayo 2021
<b>PROGRAMA</b>	Pregrado
<b>TITULO POR EL QUE OPTA</b>	Ingeniero en Mecatrónica
<b>ASESOR/DIRECTOR</b>	PhD. Marco Antonio Ciaccia Sortino

## CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de junio del año 2021.



**Sebastián Benjamín Celi Marcillo**

C.I.: 1723916795

## CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: “ADECUACIÓN DEL MÓDULO DE LAVADO DE MANOS EN SANITARIOS PÚBLICOS PARA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE INFECCIÓN POR SARS-COV-2”, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Sebastián Benjamín Celi Marcillo, bajo mi supervisión.



PhD. Marco Ciaccia

DIRECTOR

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios porque ha sido fiel conmigo y me ha permitido estar escribiendo este texto que en cierto punto estuvo muy lejano.

Doy muchas gracias a todos quienes me han apoyado en el camino: a mis padres, mis hermanos, mis compañeros y mis amigos, gracias por entender.

Finalmente, de manera muy especial, agradezco al profesor Marco Ciaccia y al profesor David Ojeda, han sido el ejemplo de lo que ser un profesor significa para mí.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico principalmente a mí.

A mi papá y el carácter que me heredó. A mi mamá y su optimismo.

A mi sobrino Aldemar, junto a él pedí el tema y junto a él escribo estas palabras.

## **RESUMEN.**

Este trabajo es acerca de la revisión y diseño de variantes para reducir el contacto del usuario con superficies de alto riesgo dentro del módulo de lavamanos de un baño público.

Se inicia recopilando información acerca de la importancia del lavado de manos, el proceso y los pasos que se deben seguir para la limpieza de estas, además, conociendo variantes existentes para los dispositivos del lavamanos se generó ideas y propuestas para este trabajo. De igual manera se utiliza información de los procesos de construcción y fabricación de elementos para el desarrollo de la alternativa.

Mediante un método de selección basado en la ponderación de criterios para contrastar posibles soluciones se determina cuál será la alternativa para proceder con el diseño. Los criterios de evaluación son generales y facilitan la comparación entre características similares de las alternativas propuestas. Se considera un modelo tipo palanca que sea accionado por el muslo del usuario de manera que esto le ayude a controlar la apertura y cierre de una válvula para el paso de agua.

El diseño del modelo se realizó utilizando software de diseño asistido por computadora para generar piezas y ensamblajes que faciliten la interpretación de la idea propuesta. El análisis de elementos finitos que proveen estas herramientas computacionales fue requerido para conocer comportamiento del modelo sometido a cargas propuestas que simulan lo que teóricamente debería suceder en la realidad.

En la parte final se establece el protocolo de utilización del dispositivo propuesto y las conclusiones que el trabajo generó junto a las respectivas recomendaciones consideradas por el autor.

## **ABSTRACT.**

This work is about the review and design of variants to reduce user contact with high-risk surfaces within the sink module of a public restroom.

It begins with the compilation of information about the importance of hand washing, the process and the steps that must be followed to clean them, in addition, knowing existing variants for hand washing devices, ideas and proposals for this work were generated. In the same way, information from the construction and manufacturing processes of elements is used for the development of the alternative.

By means of a selection method based on the weighting of criteria to contrast possible solutions, it was determined which will be the alternative to proceed with the design. The evaluation criteria are general and facilitate the comparison between similar characteristics of the proposed alternatives. A lever type model is actuated by the user's thigh so that this helps to control the open and closed modes of a valve for the flow of water.

The design of the model was carried out using Computer Aided Design software to generate parts and assemblies that facilitate the interpretation of the proposed idea. The finite element analysis provided by these computational tools was required to know the behavior of the model subjected to proposed loads that simulate what theoretically should happen.

The final part establishes the protocol for the use of the proposed device and the conclusions that the work generated together with the respective recommendations considered by the author.



## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	I
DEDICATORIA .....	II
RESUMEN. ....	III
ABSTRACT.....	IV
ÍNDICE GENERAL .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS. ....	XI
INTRODUCCIÓN. ....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	1
JUSTIFICACIÓN. ....	1
OBJETIVOS. ....	2
Objetivo General .....	2
Objetivos Específicos.....	2
ALCANCE.....	2
ANTECEDENTES. ....	3
De los grifos del lavamanos. ....	3
De los dispensadores de jabón líquido. ....	5
Del secado de manos. ....	8
CAPÍTULO I .....	10
MARCO TEÓRICO.....	10
1.1. Lavado de manos.....	10
1.1.1. Importancia del lavado de manos. ....	10
1.1.2. El proceso de lavado de manos.....	11
1.2. Elementos que pueden utilizarse para propuestas en variantes de lavamanos. ....	12
1.2.1. Válvula de pedal. ....	13
1.2.2. Sensor infrarrojo .....	13

1.2.3.	Electroválvula solenoide de 12 voltios.....	14
1.2.4.	Sensor de final de carrera. ....	14
1.2.5.	Cuello de cisne.....	15
1.3.	Operaciones de fabricación. ....	15
1.3.1.	Corte. ....	15
1.3.2.	Soldadura. ....	16
1.3.3.	Doblado de chapa metálica.....	17
1.4.	Materiales de fabricación. ....	18
1.4.1.	Acero Inoxidable 304 (AISI 304).....	18
1.4.2.	Acero Inoxidable 316 (AISI 316).....	18
1.5.	Resortes de extensión.....	19
1.6.	Pandeo de una barra. ....	23
1.7.	Factor de seguridad. ....	24
CAPÍTULO II.....		25
2.	MARCO METODOLÓGICO .....	25
2.1.	Revisión bibliográfica. ....	25
2.2.	Análisis del proceso de lavado de manos.....	25
2.3.	Propuesta de alternativas.....	25
2.4.	Ponderación de criterios. ....	25
2.5.	Selección de la mejor alternativa mediante ponderación de criterios. ....	26
2.6.	Diseño de la alternativa seleccionada.....	26
2.7.	Validación de diseño. ....	26
CAPÍTULO III.....		27
3.	RESULTADOS. ....	27
3.1.	Revisión bibliográfica sobre el lavado de manos.....	27
3.2.	Análisis del proceso de lavado de manos.....	27
3.3.	Puntos débiles en el lavado de manos. ....	29

3.3.1.	Contaminación en los grifos de agua.....	29
3.3.2.	Comparación de los dos métodos más comunes del secado de manos. ....	29
3.4.	Propuestas para el control del flujo de agua en el lavamanos. ....	30
3.4.1.	Posible solución 1: Válvula mecánica de pedal.....	31
3.4.2.	Posible solución 2: Válvula electromecánica activada por sensor colocado en el grifo. 32	
3.4.3.	Posible solución 3: Válvula electromecánica activada mediante un sensor de final de carrera. ....	32
3.5.	Ponderación de criterios. ....	33
3.5.1.	Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 1.....	34
3.5.2.	Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 2.....	34
3.5.3.	Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 3.....	35
3.5.4.	Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 4.....	35
3.5.5.	Ponderación de soluciones con respecto al criterio 5.....	35
3.5.6.	Ponderación final de posibles soluciones. ....	36
3.6.	Alternativas para la activación del sensor de final de carrera. ....	37
3.6.1.	Alternativa de activación 1: Palanca accionada con el muslo. ....	38
3.6.2.	Alternativa de activación 2: Pedal con barra hacia la pared.....	39
3.7.	Ponderación de criterios para la selección de la alternativa de activación del sensor de final de carrera.....	40
3.7.1.	Ponderación de alternativas con respecto al criterio 1. ....	41
3.7.2.	Ponderación de alternativas con respecto al criterio 2. ....	41
3.7.3.	Ponderación de soluciones con respecto al criterio 3.....	42
3.7.4.	Ponderación final alternativas para activación del sensor de final de carrera. ....	42
3.8.	Diseño de la propuesta seleccionada.....	42
3.8.1.	Soporte superior.....	43
3.8.2.	Bisagra de tres cuerpos.....	44
3.8.3.	Sensor de final de carrera. ....	44

3.8.4.	Soporte del sensor.....	44
3.8.5.	Palanca movida por el muslo.....	45
3.8.6.	Cálculos del diseño del resorte.....	45
3.9.	Análisis de elementos finitos.....	47
3.9.1.	Curva de convergencia.....	48
3.9.2.	Desplazamiento máximo.....	50
3.10.	Factor de seguridad.....	51
3.11.	Pandeo de la barra.....	51
3.12.	Protocolo de utilización segura del lavamanos.....	52
3.12.1.	Lavado higiénico.....	53
3.12.2.	Materiales para el lavado de manos.....	53
3.12.3.	Técnica para el lavado de manos.....	53
3.12.4.	Del uso del baño en general.....	54
3.12.5.	Del uso de la palanca para obtener agua en el lavamanos.....	54
CAPÍTULO IV.....		56
Conclusiones y recomendaciones.....		56
Conclusiones.....		56
Recomendaciones.....		56
BIBLIOGRAFÍA.....		58
ANEXOS.....		63
Anexo 1. Hoja de datos de la electroválvula.....		63
Anexo 2. Hoja de datos del conector 12 voltios tipo hembra.....		64
Anexo 3. Hoja de datos del transformador a 12 voltios.....		65
Anexo 4. Hoja de datos del acero inoxidable 304.....		66
Anexo 6. Hoja de datos del acero inoxidable 316.....		67
Anexo 7. Dimensiones de la bisagra de tres cuerpos.....		68

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Vista general de la variante para lavamanos [7].	3
Figura 2. Vista de los sistemas de palancas para accionamiento de agua y jabón [7].	3
Figura 3. Diagrama de la variante de lavamanos con pedal para accionamiento y regulación de flujo [8].	4
Figura 4. Adaptador de llave de cuello de cisne para activación del grifo mediante sensores [9].	5
Figura 5. Diagrama del dispensador de jabón con doble palanca [10].	6
Figura 6. Diagrama de bloques del dispensador de jabón que utiliza sensores para detección del usuario [11].	7
Figura 7. Diagrama del dispensador de jabón con detector infrarrojo [12].	8
Figura 8. Diagrama del dispensador electromecánico de toallas de papel [13].	9
Figura 9. Cuadro informativo sobre la técnica para el correcto lavado de manos con agua y jabón [18].	12
Figura 10. Modelos de válvulas de pedal para grifería [19].	13
Figura 11. Circuito de sensores infrarrojos con potenciómetro de precisión para regular la distancia de detección [20].	13
Figura 12. Válvula solenoide de 12 voltios o electroválvula [21].	14
Figura 13. Aspecto de un sensor de final de carrera o bumper [22].	15
Figura 14. Tubería de cuello de cisne para lavamanos [19].	15
Figura 15. Corte de metales por disco de corte [23].	16
Figura 16. Corte de metales por plasma [24].	16
Figura 17. Soldadura eléctrica denominada blanda [25].	17
Figura 18. Herramienta de doblado de chapa metálica [26].	17
Figura 19. Diagrama de un resorte de compresión [28].	19
Figura 20. Diagrama de un resorte de extensión [28].	20
Figura 21, puntos de esfuerzo máximo en el gancho de un resorte de extensión [29].	22
Figura 22. Condiciones de extremo para columnas [29].	23
Figura 23. Resumen del ensayo realizado para conocer el nivel de higiene que producen los métodos de secado indicados. DE es el valor de la desviación estándar [31].	30
Figura 24. Alternativa de palanca accionada con el muslo.	37
Figura 25. Alternativa de pedal con barra hacia la pared.	37
Figura 26. Sujeción de la palanca de muslo en el mesón del lavamanos.	39
Figura 27. Colocación del pedal en el espacio del lavamanos.	40

Figura 28. Diagrama de elementos de la alternativa seleccionada. ....	43
Figura 29. Soporte superior de la alternativa seleccionada.....	43
Figura 30. Bisagra de tres cuerpos. ....	44
Figura 31. Sensor de final de carrera para detección del movimiento. ....	44
Figura 32. Placa de soporte del sensor.....	44
Figura 33. Palanca accionada por el muslo.....	45
Figura 34. Diseño del resorte descrito. ....	47
Figura 35. Condiciones de borde del análisis de elementos finitos aplicado al modelo.....	47
Figura 36. Curva de convergencia entre el número de nodos y la máxima tensión de von Mises. ....	48
Figura 37. Mallado de 12 mm de longitud máxima de arista con 33 940 nodos para el análisis. ....	49
Figura 38. Resultado de tensiones del análisis estático del modelo. ....	49
Figura 39. Localización de la tensión máxima en el ensayo.....	50
Figura 40. Desplazamiento máximo. ....	50
Figura 41. Diagrama de cuerpo libre de la palanca ....	52
Figura 42. Movimientos de lavado de manos [38]. ....	54
Figura 43. Postura del usuario frente al lavamanos con la alternativa propuesta.....	55
Figura 44. Colocación del dispositivo en el mesón del lavamanos. ....	55

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Resumen de la posible solución 1.....	32
Tabla 2. Resumen de la posible solución 2.....	32
Tabla 3. Resumen de la posible solución 3.....	33
Tabla 4. Ponderación de criterios para conocer su grado de importancia. ....	33
Tabla 5. Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 1. ....	34
Tabla 6. Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 2. ....	34
Tabla 7. Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 3. ....	35
Tabla 8. Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 4. ....	35
Tabla 9. Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 5. ....	36
Tabla 10. Ponderación final de posibles soluciones con respecto a su calificación en cada criterio. ....	36
Tabla 11. Comparación de las alternativas con respecto a los criterios.....	40
Tabla 12. Ponderación de criterios para conocer su grado de importancia. ....	41
Tabla 13. Ponderación de alternativas con respecto al criterio 1.....	41
Tabla 14. Ponderación de alternativas con respecto al criterio 2.....	41
Tabla 15. Ponderación de alternativas con respecto al criterio 3.....	42
Tabla 16. Ponderación final de las alternativas con respecto a su calificación en cada criterio. .....	42

## **INTRODUCCIÓN.**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El virus SARS-CoV-2 es altamente contagioso, y aunque en comparación con algunos otros virus la mortalidad no es especialmente alta, la gran cantidad de personas que se enferman de COVID19 resulta en el colapso del sistema de salud de casi todos los países afectados, y en un número alto de personas fallecidas [1]. Ecuador no es la excepción, por lo que el gobierno ha impulsado el Plan de Respuesta Humanitaria COVID-19 para contener la propagación de la enfermedad y atenuar sus consecuencias económicas y sociales [2].

Numerosos estudios han confirmado que el virus permanece activo en diversas superficies por tiempos que varían entre pocas horas hasta varios días, dependiendo del material y de las condiciones ambientales [3].

Los baños públicos, debido al alto tráfico de personas que los usa, es un lugar ideal para la proliferación del virus, y existen evidencias de contagio por la vía fecal-oral [4]. En consecuencia, es importante implementar medios y métodos para interrumpir dicha vía, y una de ellas es evitar el contacto de las manos con superficies de riesgo alto de contaminación.

En este trabajo se realizará una propuesta para el acondicionamiento del área del lavado de manos en baños públicos que incluirá el diseño de dispositivos específicos y protocolos de uso y desinfección de las superficies luego de cada uso.

### **JUSTIFICACIÓN.**

Conforme al Plan de Respuesta Humanitaria COVID-19 Ecuador, en la sección cinco, apartado cuatro, correspondiente a la Educación, se plantea como primer objetivo la “Prevención del COVID-19 y promoción de buenas prácticas de higiene” [2] con lo que se espera la reactivación parcial de clases presenciales en el país. Es necesario empezar a pensar en las alternativas que se pueden aplicar para ayudar a reducir el riesgo de contagios en la vuelta a actividades educativas, pues como se evidencia en el análisis de impactos, respuestas políticas y recomendaciones del Instituto Internacional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe “los países han tendido a limitarse a tres cosas: a) medidas administrativas para la salvaguarda del funcionamiento del sistema; b) recursos financieros; y c) la puesta a disposición de recursos para dar continuidad a las actividades formativas” [5] a excepción de Chile.



Por esta razón, se vuelve necesario e importante empezar a generar ideas que permitan a los estudiantes de las IES del Ecuador volver al campus universitario y al momento no se ha publicado una guía para retomar actividades educativas en el país.

Entre los principios generales de prevención contra la infección por COVID-19 para centros educativos en España, se detalla que “se asegurará la disponibilidad, supervisión y reposición de los recursos necesarios para la higiene y lavado de manos” [6].

Este trabajo pretende crear una guía para el cumplimiento de normas de higiene y proponer el diseño de dispositivos que permitan variar el modo en el que se emplean los utensilios y herramientas en un baño con respecto al lavado de manos de uno de los servicios sanitarios de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte. Con esto se espera implementar una nueva manera de prevenir y reducir el riesgo de contagio entre los estudiantes de la UTN.

## **OBJETIVOS.**

### **Objetivo General**

- Proponer modificaciones en el módulo de lavado de manos en sanitarios públicos para reducir el riesgo de infección por SARS-CoV-2

### **Objetivos Específicos**

- Determinar los elementos necesarios para reducir el riesgo de contagio en el área del lavado de manos.
- Seleccionar los dispositivos requeridos para evitar el contacto de las manos con superficies de riesgo alto.
- Diseñar las modificaciones para el módulo de lavado de manos.

## **ALCANCE**

Debido a la situación que vive el país y la dificultad de movilización que se tiene por el estado de excepción, se realizará una propuesta que no incluye la puesta en práctica. Por esta razón, los dispositivos solamente se diseñarán y no se construirán.

Aunque el trabajo se realizará considerando baños públicos en general, se particularizarán las soluciones en función de los baños públicos del edificio FICA de la UTN, de manera que se pueda utilizar las instalaciones actuales en el módulo de lavado de manos, como punto de partida y referencia para el diseño de la propuesta.

## ANTECEDENTES.

### De los grifos del lavamanos.

En [7] se presenta un dispositivo que permite hacer uso de los elementos existentes en baños públicos reduciendo el contacto humano con superficies de alto riesgo biológico mediante variaciones en el mecanismo de activación. Un enfoque para la utilización de estas variantes fue el “desarrollo de un sistema integral de implementos para los baños públicos que mejoren la calidad de vida de los usuarios” [7] de tal manera que sin cambiar objetos ya instalados se puede minimizar el contacto, además del diseño de distintos sistemas mecánicos para cubrir las actividades de lavado de manos, enjabonado, activación del excusado y manipulación de la puerta del retrete.

En la figura 1 se muestra la vista general del dispositivo modelado por Rodríguez, se observa que esta variante es de tipo palanca, sujeta a la parte inferior de los mesones que tienen la mayoría de los lavamanos.

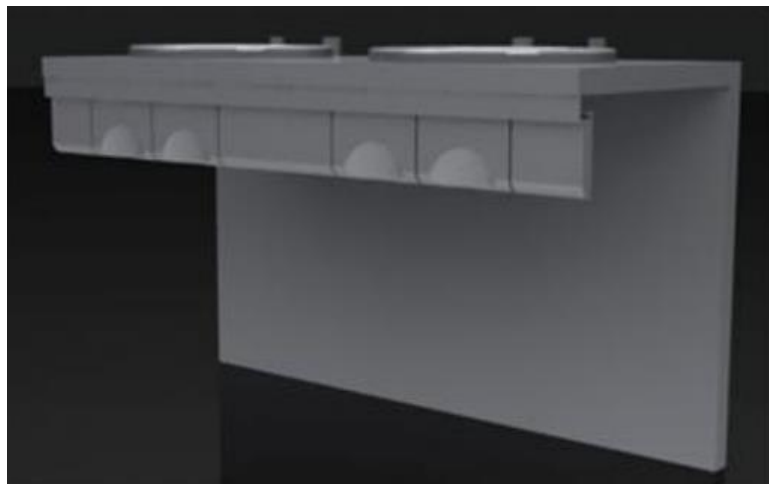


Figura 1. Vista general de la variante para lavamanos [7].

Por otra parte, en la figura 2 se tiene una mejor apreciación del movimiento que realizan los elementos diseñados. Funciona de manera mecánica al ejercer fuerza con el muslo para empujar la palanca hacia adelante.

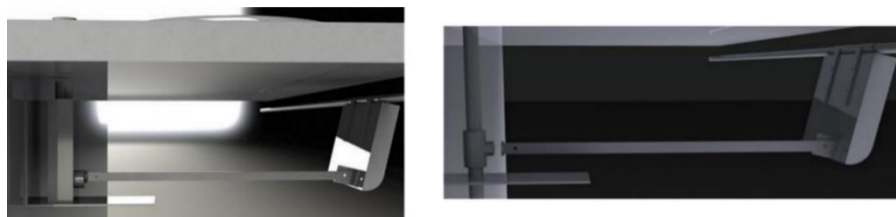


Figura 2. Vista de los sistemas de palancas para accionamiento de agua y jabón [7].

Este trabajo no describe el procedimiento ni funcionamiento de los elementos instalados, pero brinda una idea en base a imágenes que ayudan a entender el fin que persigue la autora. De la misma manera, no se exponen resultados, conclusiones o recomendaciones acerca del trabajo realizado. Tampoco se incluye alguna variante para el secado de manos.

En la patente [8] del año 2010 se presenta un sistema manos libres que proporciona al usuario control y regulación del flujo de agua y la mezcla de temperatura utilizando dispositivos "accionados por el pie".

En la descripción de esta se detalla que el usuario puede regular el flujo de agua y cambiar la temperatura utilizando su pie para mover una palanca colocada cerca del suelo. Como se muestra en la figura 3, el trabajo del pedal es activar distintas funciones, moviendo el pedal de forma horizontal, en un sistema mecánico controlador de válvulas de bolas para lograr las funcionalidades antes mencionadas.

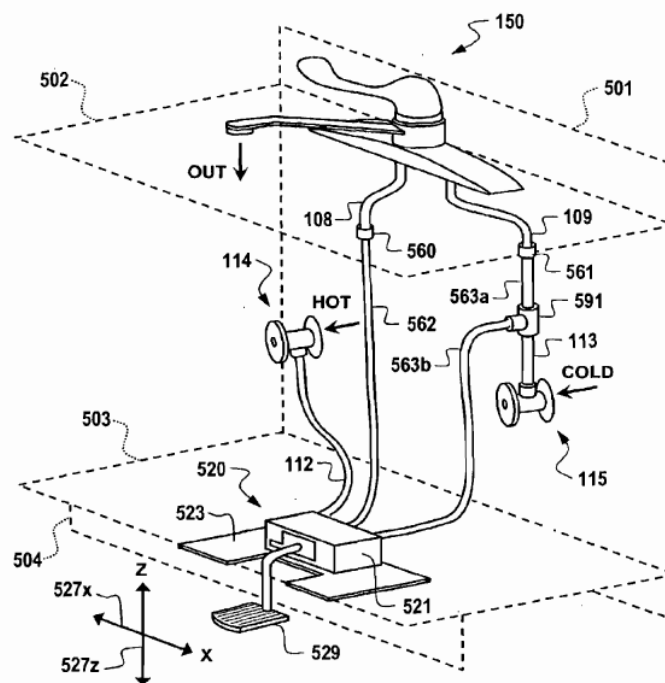


Figura 3. Diagrama de la variante de lavamanos con pedal para accionamiento y regulación de flujo [8].

En esta variante, el pedal cumple con la necesidad de reducir el contacto de las manos del usuario con superficies de riesgo de contagio, sin embargo, no existe una descripción de la válvula o válvulas utilizadas. El pedal instalado puede generar confusiones en la ejecución de comandos debido a la sensibilidad y coordinación que se debe tener en el pie para seleccionar la temperatura del agua.

En 2006 se registró la siguiente patente de un adaptador para una llave de cuello de cisne convencional para permitir la activación sin contacto.

La unidad del sensor del adaptador se conecta simplemente pasándola sobre el pico del grifo de cuello de cisne y hacia la base del grifo donde está bloqueada en su lugar por una abrazadera. Una vez en su lugar, la unidad del sensor utiliza luz infrarroja para detectar la proximidad de las manos debajo del grifo. Cuando se detectan las manos, la unidad de control montada debajo del fregadero activará el grifo mientras las manos permanezcan debajo del grifo. [9]

En la figura 4 se observa el modo de colocación de este dispositivo, en este caso el diagrama detalla dos válvulas de mariposa a los lados del sensor, se considera que mantener estos elementos puede ser confuso para los usuarios que no están adaptados a este método.

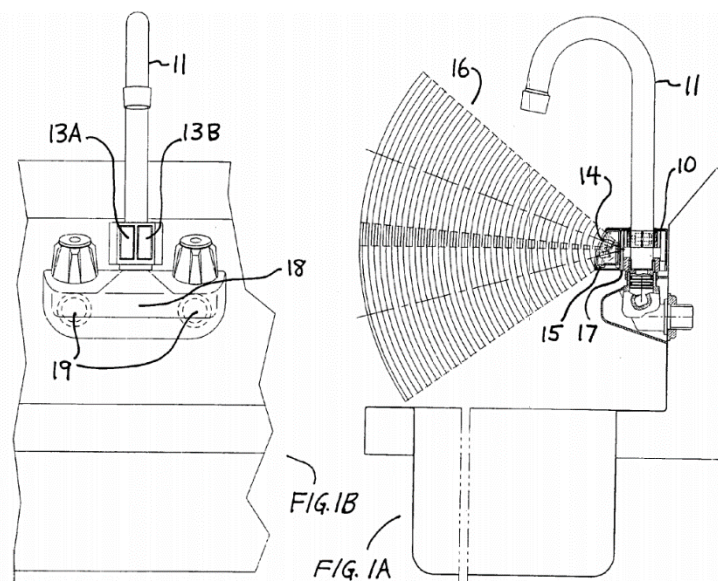


Figura 4. Adaptador de llave de cuello de cisne para activación del grifo mediante sensores [9].

Hacer uso de sensores para controlar el flujo de agua, como se describió en esta patente. Aunque existe dependencia del suministro eléctrico, se puede considerar que en Ibarra no hay una deficiencia en el sistema de electricidad y que los cortes son casi inexistentes.

El uso de la tubería de cuello de cisne es un punto a recalcar en esta alternativa ya que permite retirar los grifos instalados previamente.

### **De los dispensadores de jabón líquido.**

Dado al uso común de dispensadores de jabón empotrados en la pared con un mecanismo de accionamiento de palanca por presión, en 2015 Pelkey propone una variante que aumenta la ventaja mecánica de este tipo de dispositivos:

Un dispensador de fluido incluye un mecanismo de dispensación que proporciona una mayor ventaja mecánica. El mecanismo de distribución incluye un miembro de palanca y un actuador. El miembro de palanca incluye una primera sección de palanca que recibe la aplicación de una fuerza de entrada y una segunda sección de palanca que aplica una fuerza de salida al actuador. El miembro de la palanca y / o el actuador están configurados para proporcionar al menos dos puntos de contacto entre el actuador y la segunda sección de la palanca durante el curso de una carrera de dispensación, de modo que la ventaja mecánica proporcionada en el primero de los al menos dos puntos de contacto es mayor que la ventaja mecánica proporcionada en un segundo de los al menos dos puntos de contacto. [10]

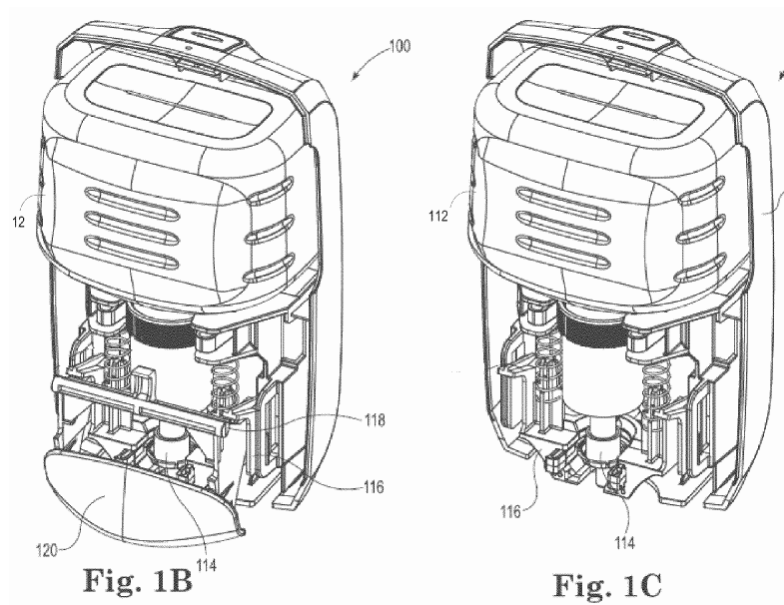


Figura 5. Diagrama del dispensador de jabón con doble palanca [10].

En la figura 5 se observa que la ventaja mecánica que provee esta configuración es aprovechar la presión ejercida en la palanca, mediante la separación de esta en dos partes, para minimizar el riesgo de daño en ella. Este método no reduce el contacto del usuario con el aparato en comparación a versiones similares. El estado de la patente es activo.

En 2008 se propone la invención de un dispensador de fluido que tiene un sensor de usuario infrarrojo, es descrito de la siguiente manera:

Un dispensador de manos libres para dispensar un producto a una zona objetivo, que comprende: un mecanismo de dispensado, un diodo emisor de luz asociado con dicho mecanismo de dispensado, un controlador y un fotodetector asociado con dicho diodo emisor de luz que detecta niveles de luz de una zona objetivo y que genera un voltaje recibido por dicho controlador que corresponde a niveles de luz detectados, caracterizado porque dicho controlador compara un valor de diferencia momentánea en dicho voltaje con un valor de diferencia promedio en dicho voltaje más un valor de

compensación diaria, enviando dicho controlador una señal a dicho mecanismo de dispensado cuando dicho valor de diferencia momentánea es mayor que dicho valor de diferencia promedio más dicho valor de compensación diaria. [11]

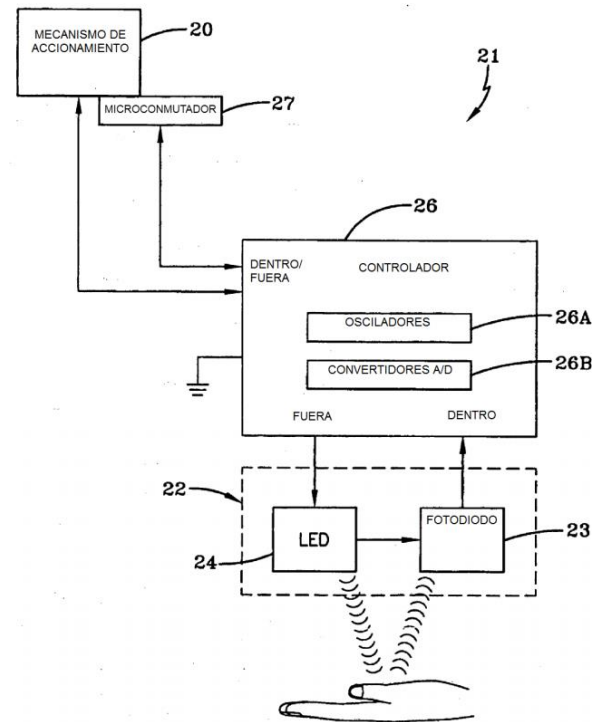


Figura 6. Diagrama de bloques del dispensador de jabón que utiliza sensores para detección del usuario [11].

En la figura 6 se observa el diagrama de bloques en el que se basa el funcionamiento de este dispositivo. Se hace uso de elementos electrónicos para cumplir con las especificaciones del aparato.

Con el uso de un dispositivo así se reduce el contacto del usuario con la superficie del objeto, con la ventaja de minimizar el riesgo de contagio. El consumo de energía es bajo, pero depende totalmente de ella por lo que en caso de corte eléctrico el aparato podría considerarse de poca utilidad. El sensor debe determinar el nivel de iluminación dentro de una zona promediada constantemente, esto puede entorpecer la actividad debido a que no se establece una distancia entre la mano y el lector independiente del entorno.

Un dispensador de jabón electrónico instalado en el lavamanos de manera similar a la que se utiliza para instalar los grifos de agua convencionales fue patentado en 2017:

Un dispensador electrónico de jabón incluye un cabezal dispensador superior soportado por encima de una plataforma de fregadero, y un depósito de jabón líquido y un conjunto de bomba soportado debajo de la plataforma de fregadero. Un sensor capacitivo está operativamente acoplado al cabezal

dispensador. Un controlador está en comunicación eléctrica con el sensor capacitivo y activa el conjunto de la bomba en respuesta a la entrada del sensor capacitivo. [12]

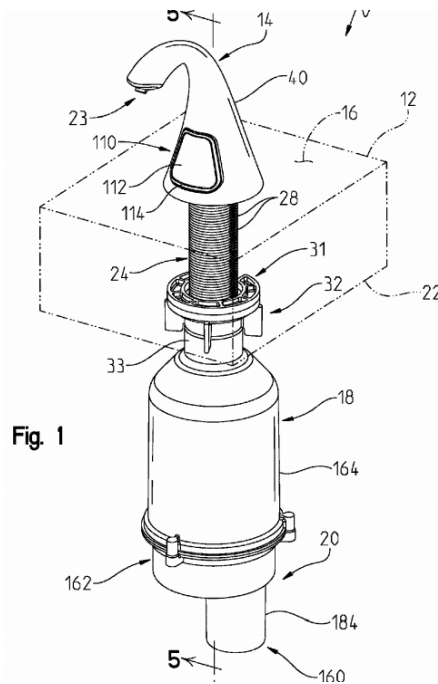


Figura 7. Diagrama del dispensador de jabón con detector infrarrojo [12].

En la figura 7 se observa el diagrama del modelo del dispensador de jabón con sensor infrarrojo incorporado, su instalación requiere de un orificio en la porcelana del lavamanos, esto no es conveniente para la propuesta que se busca en este trabajo.

Este modelo permite aprovechar el espacio sobrante en el fregadero y reduce el espacio necesario para el efecto del lavado de manos, además varía la cantidad suministrada al usuario dependiendo del número de veces que se detecte la presencia de la mano para obtener un mejor lavado. Este modelo depende del suministro eléctrico y no cuenta con un respaldo que permita la obtención de jabón en caso de corte. Representa una desventaja en la instalación debido al modelo de lavamanos existente ya que puede resultar incompatible.

### **Del secado de manos.**

Para el secado de manos se han desarrollado artefactos de similares características entre los que se destacan dispensadores de toallas de papel y secadores de aire.

Un Dispensador electromecánico de material de hoja de papel con sensor de cola fue patentado en agosto de 2017 [13] y funciona de manera que, al acercar las manos a la zona de salida del papel, el usuario obtiene una cantidad determinada por el aparato en cada uso.

En la figura 8 se observa un diagrama de lo descrito en el párrafo anterior, donde se observan las manos del usuario y la distancia a la que deberían ser detectadas para poder recibir el papel.

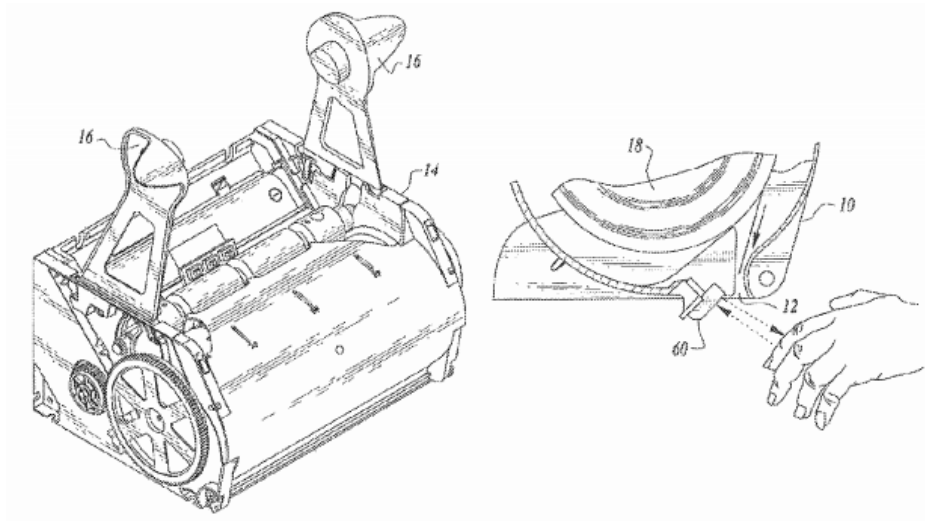


Figura 8. Diagrama del dispensador electromecánico de toallas de papel [13].

Este dispositivo provee al usuario el material de manera proporcionalmente controlada, ya que evita el gasto y exceso mediante el corte del material. Hace uso de baterías para activar el sistema de control y motor, esto significa una ventaja ya que no depende del suministro eléctrico convencional. Mantiene seguro el papel a utilizar ya que no lo expone al ambiente antes que haya un usuario esperando por el material.



# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### **1.1. Lavado de manos.**

#### **1.1.1. Importancia del lavado de manos.**

Se conoce que las manos son las partes del cuerpo que más se utilizan para entrar en contacto con objetos y superficies. Además, están constantemente expuestas a la contaminación por lo que son consideradas también como un vehículo de transmisión de microorganismos.

Por ello es importante desinfectar las manos constantemente para reducir las posibilidades de que una persona adquiera una enfermedad por medio del contagio de sus manos. El lavado de manos puede realizarse con jabón o antisépticos para eliminar de forma mecánica los microbios de la piel o produciendo un efecto químico letal sobre los microorganismos [14], sin embargo, su eficacia se ve afectada por el incumplimiento o mal proceder de las personas al lavarse las manos.

En [14] se conoce que algunas de las razones por las que existe deficiencia en la higiene de las manos dentro del personal médico están: la creencia que el uso de guantes ayuda a prevenir la contaminación entre pacientes y profesionales de la salud, irritación de la piel por el constante uso de desinfectantes, olvido, falta de tiempo, deficiente estructura de los lavamanos e insuficiencia de los suministros que se requieren en las estaciones de lavado de manos. A ello se suma el hecho de que existen casas de salud donde el 61,2% del personal de UCI describe correctamente el orden de la técnica correcta del lavado de manos [15].

Ante este problema se promueven “estrategias como el uso de carteles, carteles, mensajes e implicación del paciente” [14] para aumentar la disposición de las personas a realizar constantemente el proceso de lavado de manos, por ello se conoce que la efectividad de estas acciones surte un efecto positivo a corto plazo.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), propone seis maneras fundamentales para que los centros de atención de salud puedan mejorar la higiene de las manos y detener la propagación de las infecciones nosocomiales [16]:

- Utilización de desinfectantes para las manos.
- Agua, jabón y toallas desechables.
- Capacitación y educación del personal sobre la forma de proceder correctamente.

- Observación de las prácticas del personal y retroalimentación sobre el desempeño.
- Uso de recordatorios en el lugar de trabajo.
- Apoyo de la higiene de las manos y la atención limpia mediante una cultura del aseo

Uno de los momentos clave para lavarse las manos es después de haber utilizado los servicios del baño. Esto se hace para procurar que las superficies y sustancias que las manos tocan no sean perjudiciales después de que el usuario salga de la estación de higiene personal.

Durante la pandemia del COVID-19, también se debería limpiar las manos después de estar en un lugar público y tocar un artículo o una superficie que otras personas podrían tocar frecuentemente, como las manijas de las puertas, las mesas, los surtidores de gasolina, los carritos para las compras, las pantallas o cajas registradoras electrónicas, entre otros. Antes de tocarse los ojos, la nariz o la boca porque así es como entran los microbios al cuerpo [17].

### **1.1.2. El proceso de lavado de manos.**

El lavado de manos es un proceso fácil y eficaz si se realiza de manera adecuada. A continuación, se detallan los pasos a seguir para obtener una desinfección efectiva [17].

1. Mojarse las manos con agua limpia.
2. Tomar una cantidad generosa de jabón.
3. Generar espuma frotando el dorso, entre los dedos y debajo de las uñas.
4. Enjuagarse las manos con agua limpia.
5. Secar las manos con toallas limpias o al aire.

Este proceso descrito tiene una duración aproximada de 40 a 60 segundos, esto puede variar de acuerdo con la cantidad de suciedad visible en las manos o la sensación de limpieza que el usuario note después de lavarlas.

En [18] se detalla la técnica para el correcto lavado de manos con agua y jabón donde se observan distintos movimientos y zonas de las manos que deben ser lavadas con mayor atención. En la figura 9 se tiene un detalle del proceso donde se describen 10 acciones realizadas usualmente durante el lavado de manos.



Figura 9. Cuadro informativo sobre la técnica para el correcto lavado de manos con agua y jabón [18].

El método presentado tiene beneficios para la higiene de las manos ya que cumple con el objetivo de la limpieza de estas. Al observar la figura anterior se puede generar distintas ideas acerca del lavado de manos para proponer variantes en el proceso mencionado. Esto será analizado de mejor manera más adelante al realizar las propuestas para la modificación del módulo de lavamanos.

## 1.2. Elementos que pueden utilizarse para propuestas en variantes de lavamanos.

De acuerdo con los antecedentes mencionados en este trabajo, se hace una descripción de algunos elementos encontrados en las variantes realizadas por esos autores. Bajo el criterio del autor de este trabajo se han descrito algunos de los elementos más significativos de las alternativas encontradas, entre estos se encuentran los que se describen a continuación.

### 1.2.1. Válvula de pedal.

Este elemento funciona como una válvula de paso activada por el accionamiento de un pedal que comúnmente tiene retorno por presión similar a las válvulas antirretorno. Utilizadas mayormente en áreas industriales de manejo de alimentos.

En la figura 10 se observan distintos modelos de válvulas de pedal, manteniendo el mismo principio, una conexión de entrada y otra de salida. En medio de ellas el cilindro regulador de paso accionado por el pedal.



Figura 10. Modelos de válvulas de pedal para grifería [19].

Las válvulas de pedal se construyen de distintos materiales, entre ellos PVC, acero cromado, acero inoxidable, entre otros. Estas variaciones pueden responder a las diferentes necesidades y campos de aplicación para los que se requiera este tipo de válvula.

### 1.2.2. Sensor infrarrojo

Este tipo de elemento funciona mediante la utilización de diodos led para la emisión y detección de un haz de luz infrarroja. De manera sencilla se encuentran ensamblados en el mercado bajo la configuración de módulos.

En el caso de la figura 11, se tiene un módulo IR-FC51 con un potenciómetro de precisión integrado para la regulación del campo de detección del sensor.



Figura 11. Circuito de sensores infrarrojos con potenciómetro de precisión para regular la distancia de detección [20].

Entre las características de este módulo se tiene la distancia de detección variando entre 2 y 8 centímetros [20]. Esto es un valor relativamente bajo en comparación con otros elementos del mismo tipo.

### **1.2.3. Electroválvula solenoide de 12 voltios.**

Estas válvulas son de funcionamiento electrónico, controlan el flujo de agua mediante la conmutación de dos estados, abierto y cerrado. Cuentan con dos partes, el solenoide o electroimán que se acciona al ser energizado y el cuerpo de plástico, el mismo que normalmente es de rosca de media pulgada. En la figura 12 se observa el cuerpo solenoide en la parte de arriba y de color negro, mientras que el cuerpo plástico es lo blanco.



Figura 12. Válvula solenoide de 12 voltios o electroválvula [21].

La instalación de este elemento requiere de una toma eléctrica y un adaptador de 12 voltios para regular la cantidad de voltaje que recibirá. Tiene dos terminales, una negativa y otra positiva para la conexión.

### **1.2.4. Sensor de final de carrera.**

Este tipo de sensores de contacto son de tipo mecánico y detecta únicamente dos estados, abierto o apagado y cerrado o encendido. Su funcionamiento “sin accionar la lámina exterior, la patilla denominada común C se encuentra en contacto permanente con el terminal de reposo R. Al ejercer una presión en la lámina exterior se empuja un pequeño resorte que pone en contacto la patilla común C con la posición de abierto A. Este cambio de estado se puede detectar mediante un sonido de clic” [22]

En la figura 13 se observa el aspecto de un sensor de final de carrera, funciona de manera similar a un interruptor y su placa puede ser extendida por el usuario o encontrando otros modelos.

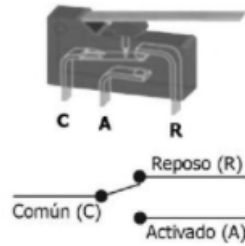


Figura 13. Aspecto de un sensor de final de carrera o bumper [22].

Estos sensores tienen usualmente la misma configuración y se distinguen por la longitud de la lámina exterior, el tamaño del cuerpo y el formato de sujeción a otros elementos.

### 1.2.5. Cuello de cisne.

Debido a que existen variaciones en el modelo de los grifos de agua en los lavamanos existentes, las tuberías de cuello de cisne se utilizan para reemplazar los grifos que hacen uso de válvulas de mariposa o fluxómetros.



Figura 14. Tubería de cuello de cisne para lavamanos [19].

En la figura 14 se observa la imagen de una tubería cuello de cisne, este modelo tiene una variante en el extremo para direccionar el chorro, esto puede ser modificado según el modelo.

## 1.3. Operaciones de fabricación.

En esta parte se describen las operaciones de fabricación generales que se realizan de manera común en la implementación de dispositivos de este tipo.

### 1.3.1. Corte.

Este proceso “tiene como objetivo eliminar en forma de viruta, porciones de metal de la pieza a trabajar, con el fin de obtener una pieza con medidas, forma y acabados deseados”, para ello

se han desarrollado varios métodos y herramientas que proporcionen facilidad y seguridad al momento de realizar esta operación.

Para el cortado de las piezas, se considera necesario el corte mecánico como el que se observa en la figura 15, que puede ser realizado con sierras de cinta o discos de corte. Debido al avance tecnológico, estos procesos pueden tomar más tiempo que otros [23].



Figura 15. Corte de metales por disco de corte [23].

Por otra parte, en la figura 17 se tiene el corte por plasma, laser o chorro de agua que permite obtener de manera más rápida geometrías que son consideradas difíciles para métodos de corte antiguos. Este tipo de tecnología tiene un costo elevado de uso ya que las máquinas y herramientas utilizadas requieren una fuerte inversión [24].

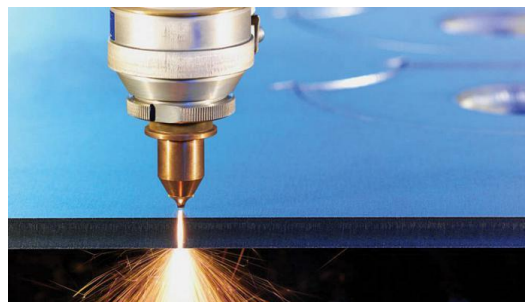


Figura 16. Corte de metales por plasma [24].

### 1.3.2. Soldadura.

Esta operación es utilizada para unir dos elementos y conformar una pieza nueva. En los metales, este método, se basa en depositar metal fundido en la junta de las partes que se desea soldar.

De igual forma, existen métodos desarrollados para satisfacer distintos requerimientos de soldadura o unión de partes, estos varían de acuerdo con requerimientos como la cantidad de soldadura requerida, la geometría de las partes, el material utilizado, entre otros.

Dependiendo del tipo de material, la soldadura blanda que se observa en la figura 17 se puede considerar la más adecuada ya que “se usa para crear uniones de hojalata, chapas galvanizadas, piezas de latón y bronce, tubos de plomo y componentes eléctricos” [25], además es considerada como el tipo de soldadura más común.



Figura 17. Soldadura eléctrica denominada blanda [25].

### 1.3.3. Doblado de chapa metálica.

Este proceso de mecanizado es uno de los procesos de fabricación sin desprendimiento de viruta, se trata de dar forma a piezas de material metálico para obtener un producto final deseado.

Dependiendo del tipo de piezas que se desee mecanizar, existen tipos de máquinas dobladoras que se han diseñado para lograr diferentes resultados. En general, las máquinas de doblado de chapa metálica pueden ser divididas en las que se operan de forma manual o asistida.



Figura 18. Herramienta de doblado de chapa metálica [26].

Este tipo de procesos requiere de inversión económica considerable, en la figura 18 se observa una vista general de un modelo de máquina para doblado de chapa metálica [26], esto puede



causar que el costo de fabricación de las alternativas puede aumentar en caso de que se requiera de este proceso.

#### **1.4. Materiales de fabricación.**

Debido al ambiente en el que se situarán los elementos diseñados, es decir, el baño, se debe considerar la corrosión del material debido al uso de químicos en la limpieza de este.

Para este tipo de usos, en Ecuador, las empresas de venta de materiales metálicos cuentan en sus catálogos con acero inoxidable 304 y 316 como los más utilizados por los clientes.

En la descripción de ambos materiales se tiene información de los vendedores, estos se venden en presentaciones de planchas, bobinas, tuberías, vigas, perfilera, entre otros. Una descripción general es dada por la empresa Import Aceros.

##### **1.4.1. Acero Inoxidable 304 (AISI 304).**

Acero inoxidable 304: También se lo conoce como acero inoxidable opaco o mate. Los aceros inoxidables 304 austeníticos no son magnéticos, es decir no se pega el imán, y no pueden ser endurecidos por tratamiento térmico. Son muy dúctiles y presentan excelente soldabilidad.

El inoxidable austenítico más popular es el tipo 304, que contiene básicamente 18% de cromo y 8% de níquel, con un tenor de carbono limitado a un máximo de 0,08%. Tiene gran aplicación en las industrias químicas, farmacéuticas, de alcohol, aeronáutica, naval, uso en arquitectura, alimenticia, y de transporte. Es también utilizado en cubiertos, vajillas, piletas, revestimientos de ascensores y en un sin número de aplicaciones [27].

##### **1.4.2. Acero Inoxidable 316 (AISI 316).**

Acero inoxidable 316: El acero inoxidable 316 es un acero inoxidable austenítico de cromo-níquel que contiene entre dos y tres por ciento de molibdeno. El contenido de molibdeno aumenta la resistencia a la corrosión, mejora la resistencia a las picaduras en soluciones de iones de cloruro y aumenta la resistencia a altas temperaturas.

Adicionalmente, es particularmente efectivo en ambientes ácidos y sirve para proteger contra la corrosión causada por los ácidos sulfúrico, clorhídrico, acético, fórmico y tartárico, así como los sulfatos ácidos y los cloruros alcalinos.

EL grado 316 posee muchas variantes. La más común recibe la letra L, la designación “L” significa que el acero 316L posee menos carbono que el 316.

Posee el mismo rango de aplicación que el AISI 304, pero por la incorporación de Molibdeno en su estructura, su resistencia a la corrosión es superior al AISI 430 y al AISI 304 lo que permite emplearlo en medios más agresivos, como ácidos y atmósfera salina. Se utiliza para

adornos arquitectónicos, equipo para el procesamiento de alimentos, farmacéutico, fotográfico, textil, laboratorios, entre otros [27].

### 1.5. Resortes de extensión.

Este tipo de elemento mecánico soporta cargas de tensión para mantener otros elementos móviles en un lugar deseado hasta que se aplique una fuerza que active el mecanismo.

En la figura 19 se observa los nombres de las secciones del resorte dentro de las espiras. Esta figura representa el diagrama de un resorte de compresión, sin embargo, para la ilustración de los diámetros de material y diámetro medio, por sus nombres  $d$  y  $D$  respectivamente, es útil ya que esto no varía entre resortes de compresión y resortes de extensión.

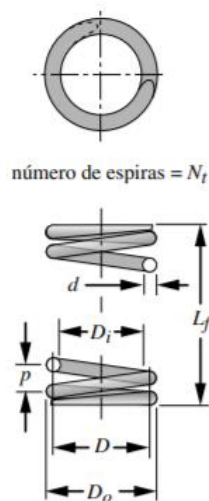


Figura 19. Diagrama de un resorte de compresión [28].

Para diseñar un resorte de extensión se debe partir desde la selección del material con el que se desea fabricar el elemento, entre los más comunes se encuentran el alambre piano o A228 y el alambre para resortes A227 [28], además se debe calcular algunos esfuerzos y dimensiones que vienen dados por las ecuaciones que se detalla a continuación.

De acuerdo con la dimensión seleccionada para el diámetro  $d$  del alambre y el índice  $C$  del resorte deseado, recordando que un resorte con índice menor que 4 es difícil de fabricar o índice mayor que 12 provoca que el elemento tienda al pandeo, se calcula el diámetro  $D$  de la espiral del resorte con la ecuación (1).

$$D = Cd \tag{1}$$

Con esto, se procede a calcular la constante  $k$  del resorte, que indica la deflexión que existirá entre espiras, se encuentra dividiendo la fuerza máxima que se aplicará en el resorte entre la deflexión de este. Se calcula con (2).

$$k = \frac{F_{\text{máx}}}{y} \quad (2)$$

Lo que permitirá conocer el número de vueltas activas  $N_a$  que debe tener el resorte mediante (3)

$$N_a = \frac{d^4 G}{8D^3 k} \quad (3)$$

Donde  $G$  corresponde al módulo de elasticidad al cortante del material seleccionado. Es necesario mencionar que el número de vueltas debe ser un número entero o aproximado a cuartos de vuelta según sea el caso.

Una vez que se conoce el número de vueltas que debe tener el resorte se debe calcular la longitud libre del resorte, es decir, su longitud fuera de los ganchos como se muestra en la figura 20, esto permitirá conocer las dimensiones que el resorte tendrá para ser adaptado al diseño del modelo.

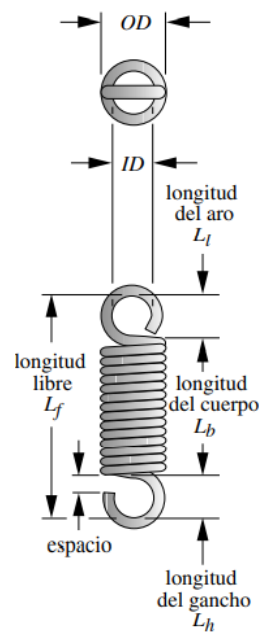


Figura 20. Diagrama de un resorte de extensión [28].

La longitud  $L_f$  libre del resorte viene dada por (4)

$$L_f = (2C - 1 + N_b)d \quad (4)$$

donde  $N_b$  corresponde al número de espiras del cuerpo y está determinada por la resta el número de vueltas activas del resorte menos la relación de  $G$  dividido entre  $E$  el módulo de Young del material, como se muestra en (5).

$$N_b = N_a - \frac{G}{E} \quad (5)$$

Para elementos que serán sometidos a cargas cíclicas, se debe calcular la fuerza alternante y la fuerza media con las fuerzas mínima y máxima aplicadas a este, estas fuerzas se calculan con (6) y (7), respectivamente.

$$F_a = \frac{F_{m\acute{a}x} - F_{m\acute{i}n}}{2} \quad (6)$$

$$F_m = \frac{F_{m\acute{a}x} + F_{m\acute{i}n}}{2} \quad (7)$$

Ahora se debe calcular el factor de curvatura de Bergsträsser, con (8), conocido como  $K_B$  y representa a uno de los factores de aumento del esfuerzo aplicado.

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} \quad (8)$$

Con este se puede obtener el valor de los esfuerzos cortantes alternante y medio que estarán actuando sobre el cuerpo del resorte, con las ecuaciones (9) y (10) respectivamente.

$$\tau_a = K_B \frac{8F_a D}{\pi d^3} \quad (9)$$

$$\tau_m = K_B \frac{8F_m D}{\pi d^3} \quad (10)$$

El esfuerzo de fluencia al corte equivale al 45% del  $S_{ut}$  del material, el mismo que según la tabla 10-4 de [28] está determinado por la ecuación (11)

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \quad (11)$$

Considerando los criterios de falla bajo carga por fatiga en resortes, en el tema 10-9 de [28], se determina que los componentes de la resistencia a la fatiga de vida infinita son  $S_{sa} = 35$  kpsi (241 MPa);  $S_{sm} = 55$  kpsi (379 MPa);  $S_{su} = 0,67S_{ut}$ ;  $S_{se}$  dado por la ecuación (12) y  $S_e = S_{se}/0,577$ .

$$S_{se} = \frac{S_{sa}}{1 - \frac{S_{sm}}{S_{su}}} \quad (12)$$

El valor del factor de seguridad para el cuerpo del resorte, por fatiga está dado por la ecuación (13).

$$n_{f_{cuerpo}} = \frac{1}{2} \frac{(S_{su})^2}{\tau_m} \frac{(\tau_a)}{S_{se}} \left[ -1 + \sqrt{1 + \left( 2 \frac{\tau_m S_{se}}{S_{su} \tau_a} \right)^2} \right] \quad (13)$$

En el caso de los extremos del resorte se deben considerar las dimensiones de los ganchos para conocer si su diseño es adecuado, en la figura 21 se observa los puntos donde se concentran los esfuerzos de flexión y torsión que pueden hacer fallar al elemento.

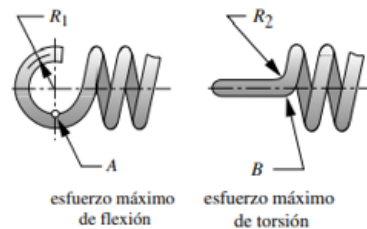


Figura 21, puntos de esfuerzo máximo en el gancho de un resorte de extensión [29].

El esfuerzo de tensión alternante en el punto A de la figura 21, está dado por (14).

$$\sigma_{aA} = Fa \left[ (K)_A \frac{16D}{\pi d^3} + \frac{4}{\pi d^2} \right] \quad (14)$$

Donde  $(K)_A$  es un factor de corrección del esfuerzo flexionante de la curvatura, dado por (15).

$$(K)_A = \frac{4C_1^2 - C_1 - 1}{4C_1(C_1 - 1)} \quad C_1 = \frac{2r_1}{d} \quad (15)$$

Mientras que el esfuerzo de tensión medio está dado por (16).

$$\sigma_{mA} = \frac{F_m}{F_a} \sigma_{aA} \quad (16)$$

El factor de seguridad para el gancho en el punto A está dado por (17).

$$n_{fA} = \frac{1}{2} \frac{(S_{ut})^2}{\sigma_m} \frac{(\sigma_a)}{S_e} \left[ -1 + \sqrt{1 + \left( 2 \frac{\sigma_m S_e}{S_{ut} \sigma_a} \right)^2} \right] \quad (17)$$

El esfuerzo de torsión alternante en el punto B se obtiene mediante (18).

$$\tau_{aB} = (K)_B \frac{8FD}{\pi d^3} \quad (18)$$

Donde el factor de concentración del esfuerzo de la curvatura,  $(K)_B$ , está dado por (19).

$$(K)_B = \frac{4C_2 - 1}{4C_2 - 4} \quad C_2 = \frac{2r_2}{d} \quad (19)$$

El esfuerzo de torsión medio en el punto B está dado por (20).

$$\tau_{mB} = \frac{F_m}{F_a} \tau_{aB} \quad (20)$$

El factor de seguridad para el gancho en el punto B está dado por (21).

$$n_{fB} = \frac{1}{2} \frac{(S_{su})^2}{\tau_m} \frac{(\tau_a)}{S_{se}} \left[ -1 + \sqrt{1 + \left( 2 \frac{\tau_m S_{se}}{S_{su} \tau_a} \right)^2} \right] \quad (21)$$

### 1.6. Pandeo de una barra.

Cuando existen elementos de notable esbeltez que serán sometidos a cargas de compresión, se debe conocer si estos podrán pandearse para lo que se debe seguir una serie de pasos con el fin de calcular los valores de la carga crítica que provocará el pandeo del elemento.

Para determinar si la barra se considerará como una columna corta o larga, se calcula la razón de esbeltez de esta mediante la fórmula (22).

$$S_r = \frac{l}{k} \quad (22)$$

donde  $l$  corresponde a la longitud de la columna y  $k$  el radio de giro, el cual está definido por (23)

$$k = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (23)$$

Además, se debe considerar las condiciones de extremo para la barra, estas pueden ser como se determina en la figura 22.

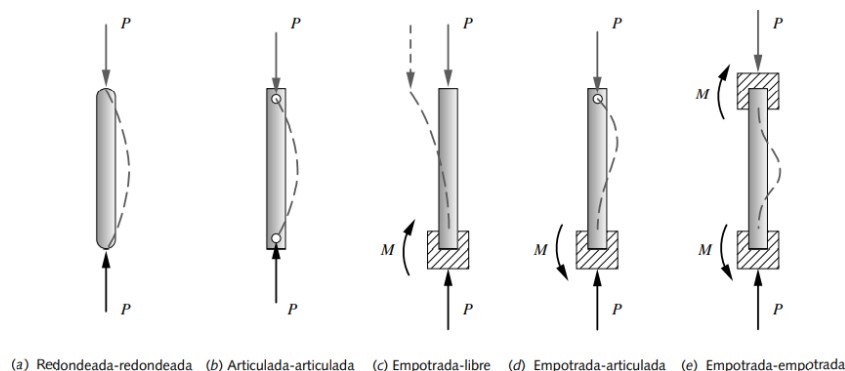


Figura 22. Condiciones de extremo para columnas [29].

Lo que según la tabla 2-4 de [29], determina diferentes valores para los factores de longitud efectiva  $l_{ef}$  de la columna según sus condiciones de extremo.

Finalmente, la carga crítica  $P_{cr}$  que hará que el elemento pandee está dada por (24).

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} \quad (24)$$

El factor de seguridad en este elemento está dado por (25), es decir, la división de la carga crítica entre la carga de trabajo  $P_t$ , esta última debe ser determinada mediante un cálculo de reacciones en un diagrama de cuerpo libre.

$$N_{barra} = \frac{P_{cr}}{P_t} \quad (25)$$

### 1.7. Factor de seguridad.

Finalmente, el factor de seguridad del modelo debe ser calculado mediante la fórmula (26)

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{m\acute{a}x}} \quad (26)$$

Se calcula un N máximo por cada grupo de elementos compuestos por materiales distintos.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### **2.1. Revisión bibliográfica.**

Se realizará una extensa revisión bibliográfica para determinar los elementos que serán necesarios para realizar propuestas que permitan reducir el riesgo de contagio de los usuarios en el área de lavado de manos de los baños de la UTN.

Esta revisión se realizará consultando patentes, artículos publicados, trabajos de grado, catálogos de fabricantes entre otros documentos que aporten en la generación de ideas para alternativas.

#### **2.2. Análisis del proceso de lavado de manos.**

Mediante el análisis del proceso de lavado de manos con base en información revisada y enfocado al entorno de la UTN se determinará las etapas del proceso mencionado que deben ser intervenidas para garantizar que el usuario reducirá el nivel de contacto de sus manos con superficies de alto riesgo de contagio.

Separar las etapas del lavado de manos permitirá conocer qué elementos se utilizan en cada una de ellas y si el contacto con estos afecta a la higiene de las manos dentro del tiempo que el usuario permanece en el baño.

#### **2.3. Propuesta de alternativas.**

Después de realizar la revisión bibliográfica, para determinar los elementos necesarios para reducir el contacto de las manos del usuario con superficies de alto riesgo de contagio, y analizar las etapas del proceso de lavado de manos, se detallarán propuestas para ejecutar el proceso de manera alternativa.

Las propuestas deben ser generadas considerando ciertas restricciones que se detallarán más adelante con base en el alcance y los objetivos de este trabajo. Esto evitará que las posibles soluciones propuestas estén fuera del enfoque planteado en este documento.

#### **2.4. Ponderación de criterios.**

La ponderación de criterios permitirá analizar las alternativas propuestas desde un punto justo ya que se dará pesos específicos a características compartidas entre las propuestas. Es decir, se puede considerar el precio, el peso, el nivel de modificación de la alternativa, el nivel de interacción del usuario, la cantidad de mantenimientos necesarios, entre otros.



## **2.5. Selección de la mejor alternativa mediante ponderación de criterios.**

Se utilizará los criterios ponderados para determinar la influencia que tendrán estos sobre las alternativas propuestas de manera que utilizando tablas comparativas se pueda establecer un puntaje que determine a la mejor de ellas.

## **2.6. Diseño de la alternativa seleccionada.**

El diseño de los elementos que conformen a la alternativa seleccionada se realizará mediante software de diseño asistido por computadora (CAD) por sus siglas en inglés, generando piezas ensambladas en el ordenador que ayuden a detallar el funcionamiento de la solución seleccionada.

En este tipo de programas de computadora se puede establecer condiciones teóricas similares a la realidad que brindan una noción más clara del aspecto y ensamblaje del modelo propuesto.

## **2.7. Validación de diseño.**

Mediante el análisis de elementos finitos que provee el software CAD, donde estableciendo: tipo de material, condiciones de borde y fuerzas aplicadas, se validará el funcionamiento del diseño obteniendo resultados de tensión máxima y desplazamiento de los elementos del modelo.

Para que la validación del diseño se desarrolle de manera adecuada se realizará la generación de una curva de convergencia donde se pueda determinar la condición de mallado con resultados más confiables.

## **CAPÍTULO III**

### **3. RESULTADOS.**

#### **3.1. Revisión bibliográfica sobre el lavado de manos.**

De los antecedentes citados en este documento se conoce que las modificaciones que se han realizado a los elementos para el proceso de lavamanos hacen uso, principalmente, de palancas, pedales y sensores para la detección del usuario, con el fin de minimizar el contacto de las manos de este con superficies de alto riesgo de contagio.

Estas variaciones en los elementos del lavamanos no han interferido en la aplicación de las técnicas para el correcto lavado de manos, el proceso descrito en el marco teórico es el que se aconseja seguir por parte de las entidades responsables de la salud de las personas.

Por ello, se hace necesario poner especial atención en las etapas de obtención del agua, obtención del jabón y secado de las manos al momento de realizar un análisis del proceso para identificar cuáles de estas etapas necesitan ser modificadas.

#### **3.2. Análisis del proceso de lavado de manos.**

Es necesario analizar los puntos débiles de este proceso basado en su adaptación al entorno universitario, debido a que una gran cantidad de personas utilizan los sanitarios disponibles en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (FICA) como también en los edificios asociados a esta.

Las personas dentro de la FICA realizan actividades académicas cotidianas dentro de un aula de clases, laboratorios de computadoras y oficinas administrativas. Por otra parte, en las instalaciones asociadas a esta facultad, es decir, los laboratorios de máquinas y procesos se tiene a la misma población, pero expuesta a entornos con más suciedad y agentes contaminantes como polvo, grasas y aceites.

Se considera entonces el análisis del proceso de lavado de manos para una persona que ha expuesto sus manos al entorno descrito en los laboratorios, debido a que esta recoge los comportamientos de los estudiantes en la FICA.

A continuación, se detalla cada paso y las consideraciones que se deben tener en cuenta dentro del proceso de lavado de manos.

1. En primer lugar, el usuario ingresa al baño, en el entorno universitario los baños se mantienen usualmente con las puertas abiertas, esto reduce el contacto con las perillas o superficies de estas. Existen casos en los que las puertas deben permanecer cerradas, aquí se necesitaría implementar un sistema de apertura y cierre sin contacto para minimizar la exposición del usuario en este punto.
2. Una vez dentro del baño, independientemente del servicio que el usuario necesite, existe contacto con sustancias o superficies con alto riesgo de contaminación como urinarios o retretes, en este momento el lavado de manos se convierte en una acción necesaria después del uso del baño.
3. Apertura de la llave de agua en el lavamanos. El usuario procede a iniciar el lavado de manos, estas se encuentran contaminadas y el primer contacto con el grifo del agua inmediatamente lo contamina. En caso de que la persona cierre la llave, previo a utilizar el jabón, el grifo se moja. Entonces se considera necesario determinar si esta última acción reduce la contaminación o no en la superficie de la llave de agua.
4. El uso del jabón puede ser mediante los jabones de pastilla o dispensadores de jabón líquido según la mecánica que se disponga. En este paso el usuario frota sus manos con el objetivo de desprender los contaminantes que se encuentren en ellas y neutralizar algunos microorganismos. Esto indica que el método por el cual se obtenga el jabón no produce riesgo de contaminación sino, que la calidad de la sustancia utilizada en la piel sea adecuada para su limpieza.
5. Después que las manos han sido enjabonadas y se nota espuma en ellas, se procede nuevamente a abrir la llave del agua depositando sustancia jabonosa en la superficie de esta, el usuario utiliza la cantidad necesaria de agua corriente limpia para eliminar toda la cantidad de jabón o espuma que exista en sus manos. Aunque haya caído jabón en el grifo, no se asegura que esta superficie esté limpia a menos que se haya hecho énfasis en lavarla previamente. Entonces la persona procede a cerrar la llave y ahora cuenta con sus manos limpias y en gran manera desinfectadas.
6. Ahora continúa el secado, las manos mojadas son más propensas a contaminarse que las manos secas, entonces el proceso que se utilice para esta etapa debe garantizar que las manos continúen limpias y desinfectadas al mismo nivel que antes de secarlas. El secado puede ser realizado con toallas limpias o al aire. Si se utiliza una toalla de tela, esta podrá humedecerse después del uso continuo de más usuarios, reduciendo la eficacia de este método de secado. Por otra parte, el secado al aire se puede considerar lento si el usuario necesita realizar otras acciones para las cuales necesite que sus manos

ya estén secas pudiendo, además, dispersar contaminantes en otras superficies. Entonces se debe buscar un método que garantice mantener la limpieza de las manos y la disponibilidad para el uso eficaz y constante de los usuarios. Finalmente, la persona se retira del baño y continúa con sus actividades normales.

### **3.3. Puntos débiles en el lavado de manos.**

Con base en el análisis anterior, se puede decir que se tienen dos puntos de interés para reducir el contacto de las manos con superficies de alto riesgo de contaminación: la llave de agua y el método de secado de las manos.

Con respecto a la llave de agua, es necesario revisar información sobre la contaminación que sufre el grifo durante el lavado de manos y los peligros que esto representa, por otra parte, para el secado de manos se debe considerar qué recomiendan otros autores con base en investigaciones realizadas.

#### **3.3.1. Contaminación en los grifos de agua.**

En 2003 se realizó un estudio que demostró que un grifo tradicional puede contener hasta 127 000 bacterias por centímetro cuadrado [30], esta observación es fundamental para apoyar la idea de que se debe intervenir en esta etapa del proceso de lavado de manos.

Por otra parte, en [18] se recomienda que, después de enjuagar las manos, el grifo sea cerrado haciendo uso de una toalla de papel para evitar nuevamente la contaminación inmediata. Es por eso por lo que el control del flujo de agua debería poder realizarse sin el uso de las manos o el contacto de estas con una superficie posiblemente contaminada.

#### **3.3.2. Comparación de los dos métodos más comunes del secado de manos.**

Esta actividad es crucial para finalizar el proceso de la limpieza de manos de manera correcta, todas las acciones realizadas antes de este punto pueden verse afectadas y reducidas si no se realiza un adecuado secado.

El estudio [31] determinó que después de la higiene de manos los niveles de microorganismos presentes en estas eran diferentes con respecto al método que se utilizó, en la figura 23 se pueden observar los resultados de ese trabajo.

**Cuadro 1**

Método	Antes de higiene de manos Promedio* (DE)	Después de higiene de manos Promedio* (DE)
Secador de aire caliente	7.09 (9.58)	0.06 (0.08)
Toalla de tela	5.56 (5.63)	0.03 8 (0.05)
Evaporación sin usar nada	5.87 (6.76)	0.05 (0.10)
Toalla de papel	5.93 (6.92)	0.02 (0.03)

Total de participantes 99.\* Número de microorganismos por  $10^7$  p = 0.72

Figura 23. Resumen del ensayo realizado para conocer el nivel de higiene que producen los métodos de secado indicados. DE es el valor de la desviación estándar [31].

Aunque la figura 23 demuestra mayor efectividad si el secado de manos se realiza con toallas de papel, en [32] se menciona que no existe información determinante para descartar los secadores eléctricos como un método de secado de manos útil, sin embargo, se debe considerar su uso cuidadosamente en lugares donde la contaminación cruzada es muy probable.

En [33] se establece que durante el ciclo de vida de las toallas de papel se consume menos energía y se emite menos dióxido de carbono que durante el ciclo de vida de los secadores eléctricos convencionales en tres años académicos.

Es evidente que existen diferencias entre el secador de aire caliente y papel toalla con respecto al tiempo, funciones, comodidad, rentabilidad, limpieza e higiene. En la mayoría de ellas se puede determinar que las toallas de papel pueden tener cierta ventaja con respecto a los secadores de aire u otros métodos de secado, dependiendo del enfoque con el que se lo analice.

Para este caso, se considera la observación de [32] acerca del peligro que representan los secadores de aire caliente con respecto a la contaminación cruzada como también se presenta en [34] y [35] donde se observaron múltiples ejemplos de diferencias significativas en la contaminación bacteriana de la superficies cercanas a los secadores de aire caliente, incluso por bacterias fecales y resistentes a los antibióticos, con resultados de niveles más altos en baños con secadores de aire caliente versus baños con toallas de papel.

Con base en lo anterior se determina que para el secado de manos el método más adecuado y seguro es el de las toallas de papel. La propuesta de este elemento es la de instalar un dispensador de toallas de papel en los baños de la FICA.

### **3.4. Propuestas para el control del flujo de agua en el lavamanos.**

Después de conocer que el grifo del lavamanos y su manipulación es un punto débil en el proceso del lavado de manos, se realiza la propuesta de tres alternativas para controlar el flujo

del agua con base en los modelos observados en los antecedentes y los elementos más comunes utilizados en las variantes para lavamanos descritos en el marco teórico de este trabajo.

Se tuvo en cuenta también las restricciones que se han considerado tanto en la delimitación del alcance de este proyecto como en la revisión de los aparatados anteriores acerca del proceso de lavado de manos y los requerimientos necesarios para obtener el objetivo deseado. Es decir, se planteó la no modificación de los módulos de lavamanos con los que cuenta la FICA de modo que se debe buscar una solución que se adapte a este requerimiento.

En caso de que no se pueda evitar las modificaciones al módulo de lavamanos, se debe seleccionar aquella posible solución que no signifique un gran cambio, por otra parte, se necesita reducir o eliminar el contacto de las manos del usuario con superficies cercanas al módulo de lavado de manos durante el proceso de desinfección de las estas.

Además, se debe considerar restricciones importantes como el costo de la implementación de la posible solución de manera que se pueda obtener un criterio que evalúe aquella que resulte ser menos costosa.

El requerimiento energético es otro punto que se necesita considerar, esto se plantea para buscar la selección de la posible solución que represente mayor autonomía para desempeñar su trabajo, se considerará mejor aquella que pueda utilizar como fuente de energía el movimiento de partes mecánicas efectuadas por el usuario.

Un punto que puede afectar en el costo o posible implementación de la solución seleccionada es la disponibilidad local de los elementos que conformen a esta. Se procurará que la propuesta seleccionada cuente con el mayor nivel de disponibilidad local de sus elementos.

Debido al avance tecnológico que se tiene actualmente, es necesario evaluar el nivel de innovación de las probables soluciones, manteniendo obviamente una relación entre la utilidad y lo relacionado a la tecnología electrónica.

#### **3.4.1. Posible solución 1: Válvula mecánica de pedal.**

En esta alternativa se propone la implementación de una válvula de pedal en el suelo debajo del mesón del lavamanos para abrir y cerrar el flujo de agua. Debido a que este tipo de elemento se encuentra en el mercado, no se requeriría diseño sino un análisis de características de este.

En la tabla 1 se observa un resumen de las calificaciones que se han establecido para esta alternativa con respecto a los criterios mencionados anteriormente.

Tabla 1. Resumen de la posible solución 1.

Posible Solución 1 (PS1): Válvula de pedal.	
Criterio.	Calificación.
Nivel de modificación.	Alto.
Costo.	Alto.
Fuente de energía.	Mecánica.
Disponibilidad local.	Baja.
Nivel de innovación.	Medio.

### 3.4.2. Posible solución 2: Válvula electromecánica activada por sensor colocado en el grifo.

En esta alternativa se propone la implementación de una electroválvula que será activada por el impulso emitido desde un sensor al detectar la presencia de las manos del usuario en el lavabo. Esta propuesta requiere que el sensor sea adaptado en el extremo del grifo y sea recubierto por una carcasa para protegerlo del agua.

En la tabla 2 se observa un resumen de la posible solución 2 y las respectivas calificaciones que se establecieron con respecto a los criterios.

Tabla 2. Resumen de la posible solución 2.

Posible Solución 2 (PS2): Válvula electromecánica activada por sensor colocado en el grifo.	
Criterio.	Calificación.
Nivel de modificación.	Medio.
Costo.	Medio
Fuente de energía.	Eléctrica.
Disponibilidad local.	Alta.
Nivel de innovación.	Alto.

### 3.4.3. Posible solución 3: Válvula electromecánica activada mediante un sensor de final de carrera.

En esta alternativa se propone algo similar a la alternativa anterior, con la diferencia que en este caso el método de activación se hará por un sensor de final de carrera, el mismo que funcionará como un interruptor para intercambiar entre los estados encendido y apagado de la válvula solenoide.

En la tabla 3 se tiene un resumen de las características de esta propuesta con respecto a los criterios con los que se ha analizado las propuestas anteriores.

Tabla 3. Resumen de la posible solución 3.

Posible Solución 3 (PS3): Válvula electromecánica activada mediante un sensor de final de carrera.	
Criterio.	Calificación.
Nivel de modificación.	Bajo.
Costo.	Bajo.
Fuente de energía.	Eléctrica – Mecánica.
Disponibilidad local.	Alta.
Nivel de innovación.	Alto.

### 3.5. Ponderación de criterios.

Se realizará la ponderación de criterios para conocer cuál es más determinante sobre los demás, de forma que esto permita la evaluación de las probables soluciones y que la selección de la mejor sea más eficiente.

En la tabla 4 se puede observar que el más importante de los criterios es el correspondiente al costo, le sigue en grado de importancia el que indica el grado de modificación de los elementos establecidos, por otra parte, se tiene en tercer lugar al criterio que dice la disponibilidad local de los dispositivos requeridos para la implementación de la probable solución. En cuarto lugar, está la mayor seguridad para el usuario y; finalmente, el mayor nivel de innovación en la propuesta a implementar.

Tabla 4. Ponderación de criterios para conocer su grado de importancia.

	C1	C2	C3	C4	C5	Rep.	PCx
C1						3	4
C2	C2					4	5
C3	C1	C2				2	3
C4	C1	C2	C3			0	1
C5	C1	C2	C3	C5		1	2
Orden	2do.	1ro.	3ro.	5to.	4to.		

Donde:

Rep.: es el número de repeticiones del criterio.



PCx: Ponderación del criterio x respecto a los demás criterios.

Criterio 1 (C1): Menor nivel de modificación.

Criterio 2 (C2): Menor costo.

Criterio 3 (C3): Mayor disponibilidad local.

Criterio 4 (C4): Mayor nivel de innovación.

Criterio 5 (C5): Mayor seguridad para el usuario.

### 3.5.1. Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 1.

Los resultados en esta tabla 5 indican que, respecto al costo de la posible solución, el orden desde el menos costoso al que necesita más inversión es la posible solución número 3.

Tabla 5. Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 1.

C1	PS1	PS2	PS3	Rep.	PX1=N
PS1				0	P11 = 1
PS2	PS2			1	P21 = 2
PS3	PS3	PS3		2	P31 = 3
Orden	3ro.	2do.	1ro.		

Donde: PX1 es la ponderación de la solución X con respecto al criterio 1.

### 3.5.2. Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 2.

La probable solución número 3 representa la menor modificación a los elementos instalados en los baños de la facultad. Esto es demostrado mediante los resultados de la tabla 6, que evalúa cuál posible solución incide menos en modificaciones.

Tabla 6. Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 2.

C2	PS1	PS2	PS3	Rep.	PX2=N
PS1				0	P12 = 1
PS2	PS2			1	P22 = 2
PS3	PS3	PS3		2	P32 = 3
Orden	3ro.	2do.	1ro.		

Donde: PX2 es la ponderación de la solución X con respecto al criterio 2.

### 3.5.3. Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 3.

En la tabla 7 se observa que la posible solución con mayor disponibilidad local para la adquisición de los elementos necesarios para su implementación es la número 3, mientras que la posible solución número 1 representa a la menos posible de encontrar en los mercados locales.

Tabla 7. Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 3.

C3	PS1	PS2	PS3	Rep.	PX3=N
PS1				0	P13 = 1
PS2	PS2			1	P23 = 2
PS3	PS3	PS3		2	P33 = 3
Orden	3ro.	2do.	1ro.		

Donde: PX3 es la ponderación de la solución X con respecto al criterio 3.

### 3.5.4. Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 4.

En la tabla 8 se observa que la mayor innovación la presenta la posible solución número 2, esta tiene la ventaja de ser totalmente automática ya que utiliza sensores de presencia infrarrojos para accionar el paso del agua en el lavamanos. En tercer lugar, se encuentra la posible solución número 1 ya que es una alternativa completamente mecánica.

Tabla 8. Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 4.

C4	PS1	PS2	PS3	Rep.	PX4=N
PS1				0	P14 = 1
PS2	PS2			2	P24 = 3
PS3	PS3	PS2		1	P34 = 2
Orden	3ro.	1ro.	2do.		

Donde: PX4 es la ponderación de la solución X con respecto al criterio 4.

### 3.5.5. Ponderación de soluciones con respecto al criterio 5.

En la tabla 9 se observa que la propuesta que presenta mayor seguridad para el usuario es la segunda debido a que la interacción entre el usuario y el sistema de accionamiento del paso de agua es sin contacto, esto se debe a los sensores de detección de presencia. En tercer lugar, está la posible solución número 1.

Tabla 9. Ponderación de posibles soluciones con respecto al criterio 5.

C5	PS1	PS2	PS3	Rep.	PX5=N
PS1				0	P15 = 1
PS2	PS2			2	P25 = 3
PS3	PS3	PS2		1	P35 = 2
Orden	3ro.	1ro.	2do.		

Donde: PX4 es la ponderación de la solución X con respecto al criterio 5.

### 3.5.6. Ponderación final de posibles soluciones.

En la tabla 10 se observa que los resultados finales dan como más adecuada a la posible solución número 3. Esta obtuvo un puntaje de 42 sobre los 33 de la propuesta número dos y los 15 de la propuesta número 1. Esta propuesta será desarrollada más adelante con una mejor descripción de los componentes y su forma de implementación en caso de que sea necesario hacerlo.

Tabla 10. Ponderación final de posibles soluciones con respecto a su calificación en cada criterio.

PCx	P1X	PCx · P1X	P2X	PCx · P2X	P3X	PCx · P3X
4	1	4	2	8	3	12
5	1	5	2	10	3	15
3	1	3	2	6	3	9
1	1	1	3	3	2	2
2	1	2	3	6	2	4
	X1	15	X2	33	X3	42

Donde:

P1X: ponderación de la primera solución respecto al criterio X.

P2X: ponderación de la segunda solución respecto al criterio X.

P3X: ponderación de la tercera solución respecto al criterio X.

X1: sumatoria total de las ponderaciones de la posible solución número 1 por la ponderación de cada criterio.

X2: sumatoria total de las ponderaciones de la posible solución número 2 por la ponderación de cada criterio.

X3: sumatoria total de las ponderaciones de la posible solución número 3 por la ponderación de cada criterio.

### 3.6. Alternativas para la activación del sensor de final de carrera.

A continuación, se presentan dos alternativas para el modelo de activación de la electroválvula, la primera de ellas consiste en una palanca colocada a la altura del muslo en el lavamanos, como se muestra en la figura 24, este elemento funciona con el empuje del usuario con su pierna activando el interruptor que permite el paso de energía eléctrica hacia la electroválvula.

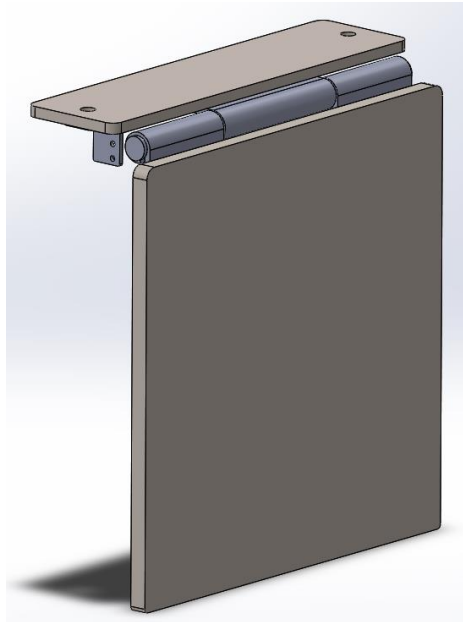


Figura 24. Alternativa de palanca accionada con el muslo.

La segunda alternativa es un pedal con una barra que transmite el movimiento efectuado con el pie hacia un elemento colocado en la pared, como se muestra en la figura 25, en el cual se colocaría el interruptor para la activación de la electroválvula.

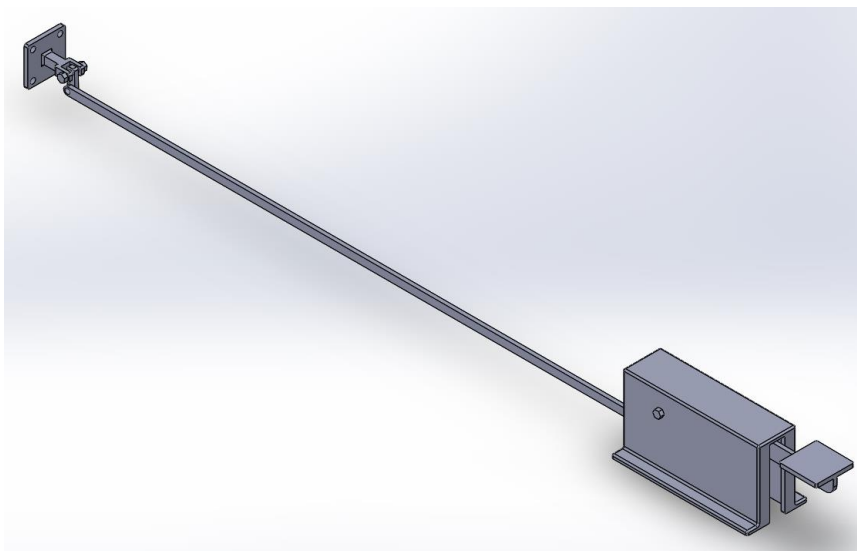


Figura 25. Alternativa de pedal con barra hacia la pared.

Como se puede observar, ambos elementos son de accionamiento mecánico y evitan que el usuario haga uso de sus manos para la activación del flujo de agua en el lavamanos. Entonces es necesario definir qué alternativa se utilizará como parte del diseño.

Debido a que ambas alternativas cumplen con evitar el uso de las manos del usuario en el control del flujo de agua en el lavamanos, esta función no será considerada como criterio de selección.

Los criterios que se analizarán en la selección de la alternativa estarán relacionados con el costo que implica la implementación de cada una de ellas, la dificultad de fabricación de partes con base en los procesos de maquinado y el nivel de modificación que requieran las alternativas para ser instaladas en la estación de lavado de manos.

Se realizará el cálculo con un costo estimado de 1,7 dólares de Estado Unidos de América por cada kilogramo de acero inoxidable 316L [36]. El peso de cada alternativa se estimará mediante el uso de software de diseño asistido por computadora.

Con respecto a los procesos de mecanizado, se tendrá en cuenta las tres operaciones de mecanizado descritas en el marco teórico y se determinará cuáles de ellas necesita cada alternativa.

### **3.6.1. Alternativa de activación 1: Palanca accionada con el muslo.**

Esta opción consiste en dos piezas, el soporte superior y la palanca. El peso de estas piezas es de 2,69 kilogramos dando un costo de materia prima de \$ 4,57. Para el mecanizado de las partes, se requiere operaciones de corte y suelda.

La primera pieza debe contener al sensor de activación y ambas deben estar unidas mediante una bisagra de tres cuerpos para soldar. En la palanca se debe lograr la geometría establecida en el software para que se respete el grado de movimiento que proteja al sensor de la presión que se ejercerá sobre este.

Esta alternativa estará sujeta a la parte inferior del mesón del lavamanos como se muestra en la figura 26, aparte de ello no existen mayores modificaciones al modelo existente.

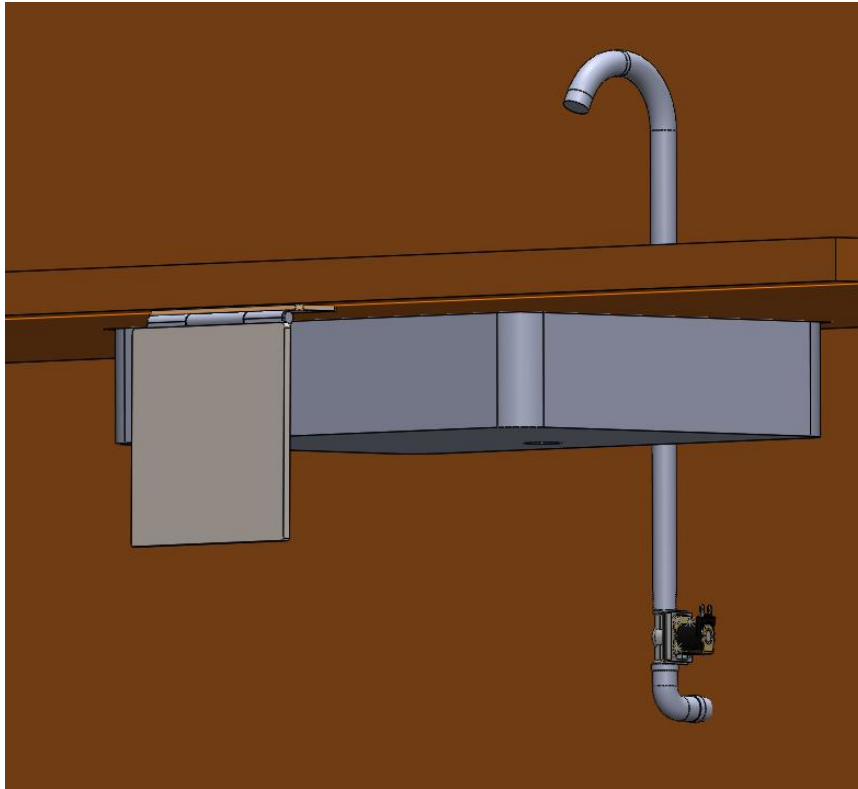


Figura 26. Sujeción de la palanca de muslo en el mesón del lavamanos.

### 3.6.2. Alternativa de activación 2: Pedal con barra hacia la pared.

Esta alternativa consiste en cuatro piezas: el soporte de pared, la barra de transmisión de movimiento, el pedal y la carcasa protectora. El peso de estas piezas es de 2,84 kilogramos dando un costo de materia prima de \$ 4,82. Para el mecanizado de las partes se requiere operaciones de corte, doblado de chapa metálica y suelda.

La carcasa debe proteger y sostener al pedal mediante un pasador como se muestra en la figura 26. Unida a un extremo del pedal, la barra de transmisión de movimiento se extiende hasta el soporte colocado en la pared y se sujeta a una pieza que ayudará al sostenimiento de la barra. El soporte del otro extremo debe ir colocado en la pared y contener al sensor de activación.

Esta alternativa estará sujeta por medio de tornillos al suelo del baño y a la pared de debajo del lavamanos como se observa en la figura 27. Esto representa una dificultad en la instalación y por ende un mayor nivel de modificación al modelo del lavamanos existente.

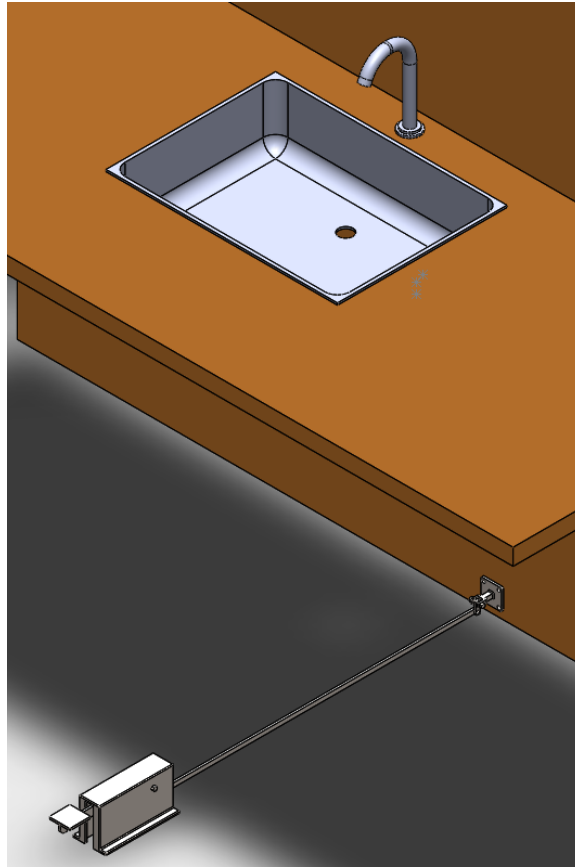


Figura 27. Colocación del pedal en el espacio del lavamanos.

En la tabla 11 se observa un resumen comparativo de las alternativas propuestas para la activación del sensor de final de carrera.

Tabla 11. Comparación de las alternativas con respecto a los criterios.

Criterio	Alternativa 1 (A1)	Alternativa 2 (A2)
Costo (C1)	Medio	Alto
Dificultad de fabricación (C2)	Baja	Alta
Nivel de modificación (C3)	Baja	Alta

### 3.7. Ponderación de criterios para la selección de la alternativa de activación del sensor de final de carrera.

En la tabla 12 se expone la ponderación de criterios para conocer el peso de cada uno de ellos en la determinación de la mejor opción para activar el sensor de final de carrera.

De esta primera tabla de ponderación se puede observar que el criterio con mayor peso será el correspondiente al costo de la alternativa, seguido a este se encuentra el nivel de modificación

debido a la relación que tiene este criterio con las restricciones establecidas en el alcance de la propuesta y, finalmente, se tiene a la dificultad de fabricación de las piezas de las alternativas.

Tabla 12. Ponderación de criterios para conocer su grado de importancia.

	C1	C2	C3	Rep.	PCx
C1				2	3
C2	C1			0	1
C3	C1	C3		1	2
Orden	1ro.	3ro.	2do.		

Ahora se procede con la ponderación de cada alternativa con respecto a cada criterio, esto se hará mediante una tabla para cada criterio.

### 3.7.1. Ponderación de alternativas con respecto al criterio 1.

Los resultados en la tabla 13 demuestran que el costo de la alternativa 1 es inferior al de la alternativa 2, esto los coloca en ese orden con respecto a ese criterio.

Tabla 13. Ponderación de alternativas con respecto al criterio 1.

C1	A1	A2	Rep.	PX1=N
A1			1	P11 = 2
A2	A1		0	P21 = 1
Orden	1ro.	2do.		

Donde: PX1 es la ponderación de la alternativa X con respecto al criterio 1.

### 3.7.2. Ponderación de alternativas con respecto al criterio 2.

La alternativa uno es la que cuenta con menos partes, como se muestra en la tabla 14, esto debido a que consta de 2 elementos, a diferencia de la segunda alternativa que cuenta con 4 elementos.

Tabla 14. Ponderación de alternativas con respecto al criterio 2.

C2	A1	A2	Rep.	PX2=N
A1			1	P12 = 2
A2	A1		0	P22 = 1
Orden	1ro.	2do.		

Donde: PX2 es la ponderación de la alternativa X con respecto al criterio 2.



### 3.7.3. Ponderación de soluciones con respecto al criterio 3.

En la tabla 15 se puede observar que la alternativa número 1 representa la menor modificación al lavamanos existente con respecto a las modificaciones que serían necesarias para la segunda alternativa.

Tabla 15. Ponderación de alternativas con respecto al criterio 3.

C3	A1	A2	Rep.	PX3=N
A1			1	P13 = 2
A2	A1		0	P23 = 1
Orden	1ro.	2do.		

Donde: PX3 es la ponderación de la alternativa X con respecto al criterio 3.

### 3.7.4. Ponderación final alternativas para activación del sensor de final de carrera.

Una vez que se obtuvo la ponderación final de las alternativas con respecto a los criterios establecidos, en la tabla 16 se puede observar que los pesos de la primera la convierten en la mejor alternativa como método para la activación de la electroválvula que dará paso al flujo de agua.

Tabla 16. Ponderación final de las alternativas con respecto a su calificación en cada criterio.

PCx	P1X	PCx · P1X	P2X	PCx · P2X
3	2	6	1	3
1	2	2	1	1
2	2	4	1	2
	X1	12	X2	6

### 3.8. Diseño de la propuesta seleccionada.

Después de realizar el análisis y comparación de las alternativas propuestas para las modificaciones necesarias en el lavamanos, se conoce que la modificación principal que se debe realizar es aquella propuesta en la alternativa correspondiente a la palanca de activación del sensor de final de carrera con el muslo. En esta parte se realizará una descripción de los elementos que la componen, sus características y funciones.

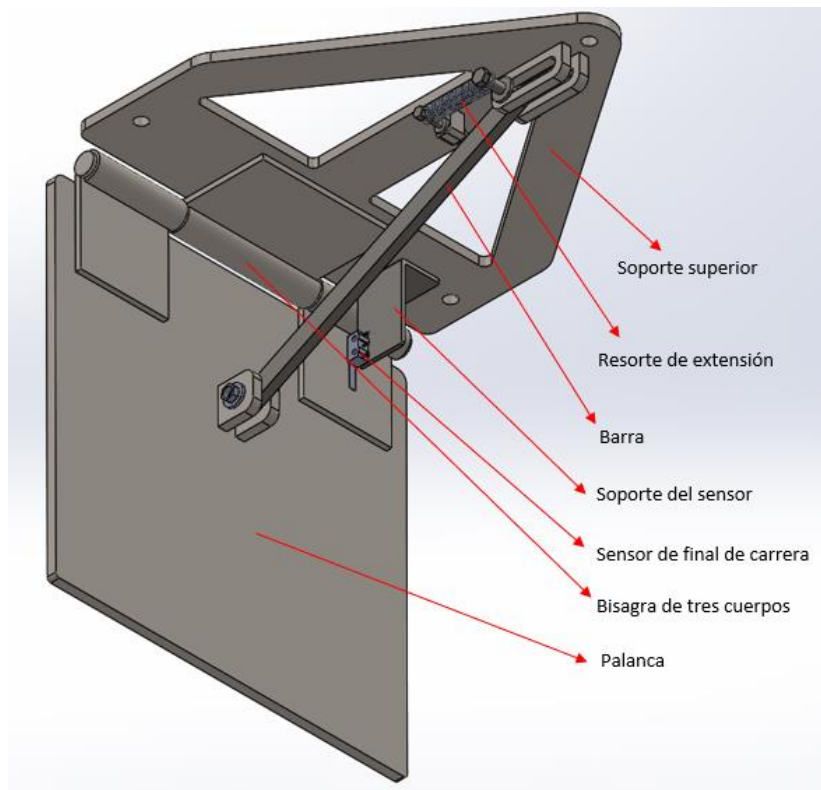


Figura 28. Diagrama de elementos de la alternativa seleccionada.

En la figura 28 se puede observar los elementos que componen a la alternativa seleccionada, estos se describen a continuación:

### 3.8.1. Soporte superior

En la figura 29 se observa el modelo de esta pieza que es la que debe ser sujeta al mesón del lavamanos, esto permitirá sostener a los demás elementos.

Este elemento tiene un riel donde se deslizará el pasador que transmite el movimiento que se ejerce en la palanca, además contiene el espacio para el pasador donde se colocará el otro extremo del resorte.

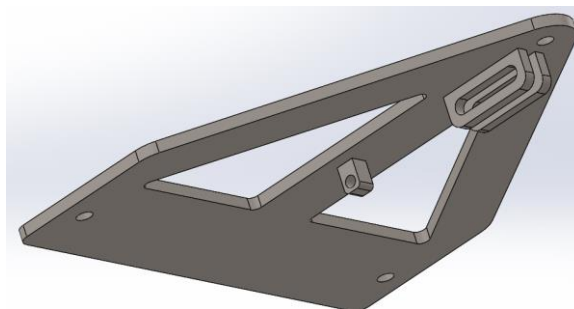


Figura 29. Soporte superior de la alternativa seleccionada.

### 3.8.2. Bisagra de tres cuerpos.

Este elemento ayuda a la movilidad de la palanca, es una bisagra que debe ser ensamblada mediante soldadura. En la figura 30 se observa el modelo de esta pieza mientras que la geometría de este se puede observar en el anexo 7.

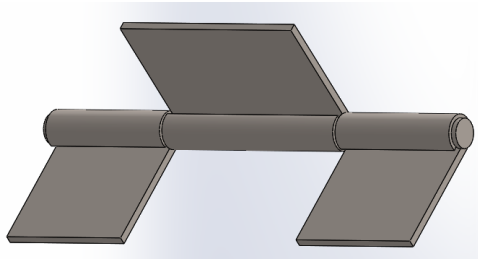


Figura 30. Bisagra de tres cuerpos.

### 3.8.3. Sensor de final de carrera.

Este elemento servirá para la activación de la electroválvula, será empujado por la palanca que será movida por el muslo del usuario, el mismo se observa en la figura 31.

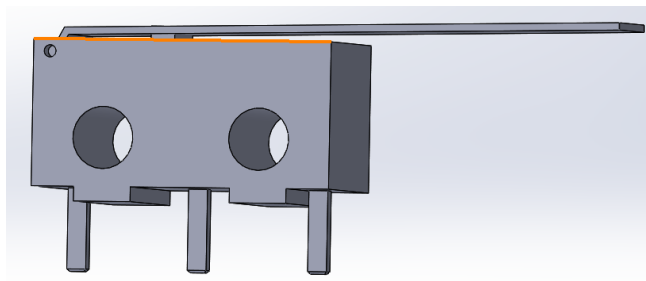


Figura 31. Sensor de final de carrera para detección del movimiento.

### 3.8.4. Soporte del sensor.

Esta pieza sirve de soporte para la colocación del sensor, el modelo es como se observa en la figura 32, esta pieza estará soldada en el soporte superior de manera que el sensor pueda cumplir su trabajo de forma correcta. Las dimensiones de este elemento se detallarán más adelante.

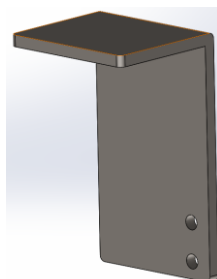


Figura 32. Placa de soporte del sensor.

### 3.8.5. Palanca movida por el muslo

La pieza que se observa en la figura 33 es una plancha de material inoxidable soldada a la bisagra de tres cuerpos en los extremos de esta. Tiene dos guías en el centro que permiten alojar el extremo de la varilla que transmite el movimiento al resorte.

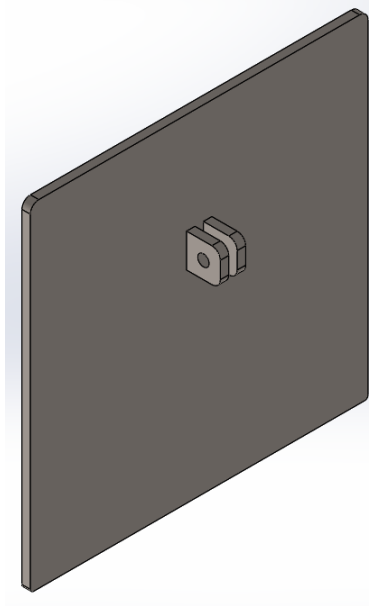


Figura 33. Palanca accionada por el muslo.

### 3.8.6. Cálculos del diseño del resorte.

Para el diseño del resorte se considera las dimensiones del lugar donde será colocado para conocer las restricciones que este tendrá. La carrera y que deberá extenderse este elemento es de 26 milímetros, sin embargo, se considera  $y = 28$  mm debido a la tensión inicial requerida para este tipo de resortes.

Para evitar que la palanca se accione de manera involuntaria, se considera que el resorte debe ejercer una fuerza opuesta al accionamiento de esta, se estimó que la fuerza mínima para mover la palanca será  $F_{mín} = 3$  N, un valor que se acomoda al usuario, mientras que la fuerza máxima que este elemento debe ejercer para volver al estado principal será de  $F_{máx} = 15$  N. También se propone un índice del resorte de  $C = 6$ , el diámetro exterior  $DE$  del resorte debe ser menor que 12 mm y para su longitud  $L_f$  se dispone de un espacio de hasta 90 mm. Para tener una mejor idea de las dimensiones mencionadas se aconseja revisar la figura 19.

El material más común utilizado en resortes bajo medidas especiales es el alambre piano A228. Por disponibilidad del fabricante consultado, se utilizará alambre con diámetro  $d = 0,9$  mm. Los extremos del resorte serán de media espira torcida corta ya que esto facilita su fabricación.

De acuerdo con la ecuación (1) se tiene que  $D = 5,35$  mm, el valor de la constante del resorte se obtuvo reemplazando valores en (2) dando como resultado  $k = 0,396$  N/mm.

Con  $G = 80$  GPa y  $E = 197,9$  GPa, según (3)  $N_a = 20,96$  o lo que equivale a 21 vueltas en el resorte y por consiguiente, utilizando la fórmula (4) se obtiene que la longitud libre del resorte  $L_o = 19,12$  mm.

Según (6) y (7) los valores de la fuerza alternante y media serán 7,52 N y 9,16 N respectivamente. Con (8), el factor de Bergsträsser será  $K_B = 1,24$  y con ese dato conocido, se obtiene, mediante (9) y (10) los esfuerzos cortantes que actúan sobre el cuerpo del resorte, siendo el alternante 180 MPa y el medio 219,3 MPa respectivamente.

Según la tabla 10-4 de [28] los valores A y m para alambre de resorte A227 son 1783 MPa · mm y 0,19 respectivamente y utilizando (11), el  $S_{ut} = 2250$  MPa. Por lo que  $S_{su} = 1508$  MPa y con (12) el  $S_{se} = 257,6$  MPa. El factor de seguridad para el cuerpo del resorte sometido a fatiga, con (13) es  $n_{fcuerpo} = 1,37$ .

Para los ganchos del resorte se tiene un radio  $r_1 = 3,56$  mm y  $r_2 = 1,65$  mm, observar figura 21, lo que permite conocer mediante (14), (15) y (16) que el esfuerzo alternante en el punto A del gancho es igual a 332 MPa y el esfuerzo medio en el mismo punto es 405,5 MPa. Por otra parte, utilizando (18), (19) y (20) se conoce que el esfuerzo de torsión alternante en el punto B del gancho es igual a 180 MPa, mientras que el esfuerzo de torsión medio en el mismo punto es igual a 219,3 MPa.

Obtenidos estos valores, con (17) se conoce que en el punto A del gancho, el factor de seguridad es 2,5 mientras que, con (21) el factor de seguridad en el punto B es de 1,33.

Con esto se obtiene un resorte que no fallará bajo las condiciones especificadas y el material seleccionado, por lo que los valores que deben ser presentados al fabricante se resumen a continuación, se observa además el modelo del resorte en la figura 34:

- Diámetro del material: 0,9 mm.
- Diámetro externo: 5,35 mm.
- Longitud total: 30 mm.

- Longitud fuera de los ganchos: 19 mm.
- Constante del resorte: 0,396 N/mm.



Figura 34. Diseño del resorte descrito.

### 3.9. Análisis de elementos finitos.

El análisis de elementos finitos permite conocer el comportamiento del modelo mediante la simulación de un estudio bajo condiciones similares a la realidad establecidas en el software CAD.

En la figura 35 se observa las condiciones de borde aplicadas al modelo siendo estas sujeciones fijas en las tres perforaciones del soporte superior representadas con flechas de color verde, también una pared virtual en la parte superior, sobre toda la superficie que estaría en contacto con la parte inferior del mesón. Además, en color morado, se observan las flechas correspondientes a la aplicación de cargas externas tanto en la palanca, simulando la fuerza ejercida por el usuario, como en el pasador simulando la fuerza ejercida por el resorte.

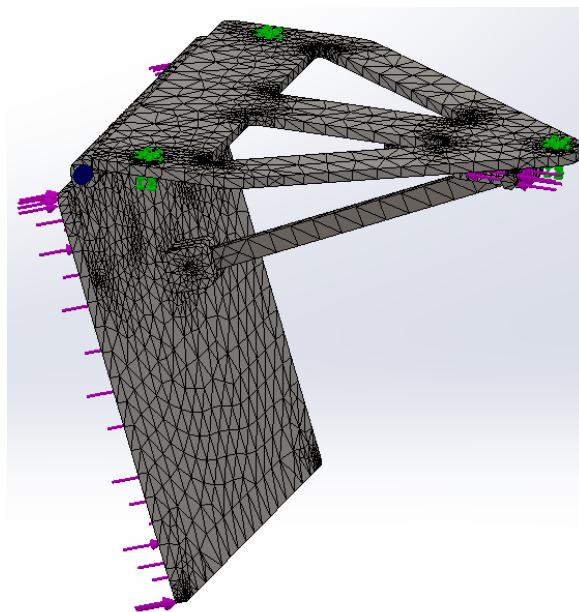


Figura 35. Condiciones de borde del análisis de elementos finitos aplicado al modelo.

Además, en la figura 34 también se observa en líneas negras la representación de la malla creada para ejecutar el ensayo.

### 3.9.1. Curva de convergencia.

Para obtener resultados confiables de la simulación en computadora, se realizó el análisis de convergencia de los resultados del ensayo con diferentes grosores de malla en el software. En la figura 36 se observa la curva de convergencia entre el número de nodos por elemento versus la tensión máxima de von Mises.

Se toma en cuenta como parámetro de convergencia a la tensión máxima de cada ensayo y para determinar el análisis adecuado se considerará el primero que presenta un error menor al 5%.

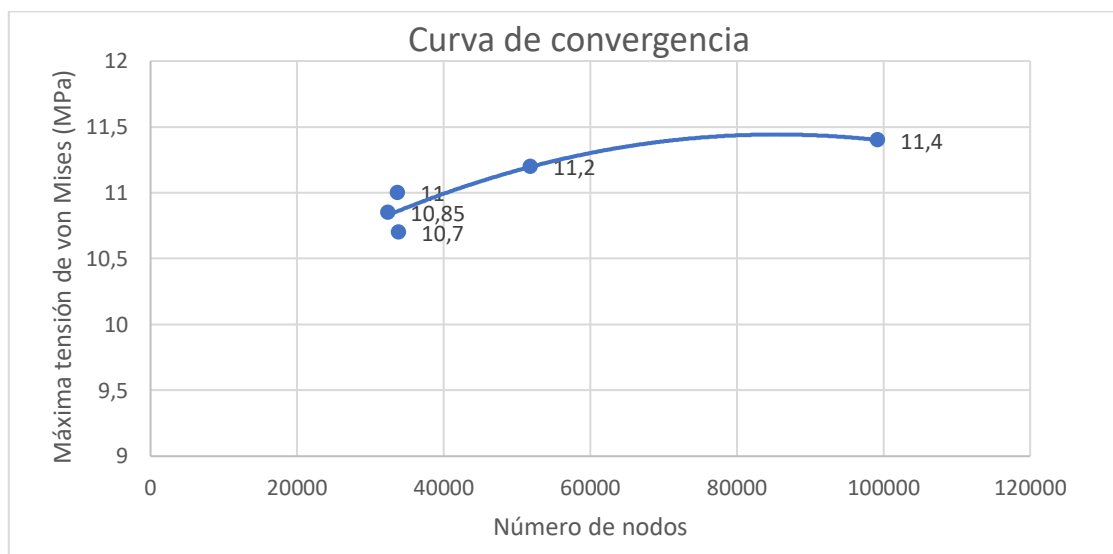


Figura 36. Curva de convergencia entre el número de nodos y la máxima tensión de von Mises.

En la figura 37 se observa la malla que cumple con este criterio es la que presentó un valor de tensión máxima de von Mises de 10,7 MPa ya que es la primera en orden descendiente al tamaño de la malla que registra un porcentaje de error menor al indicado.

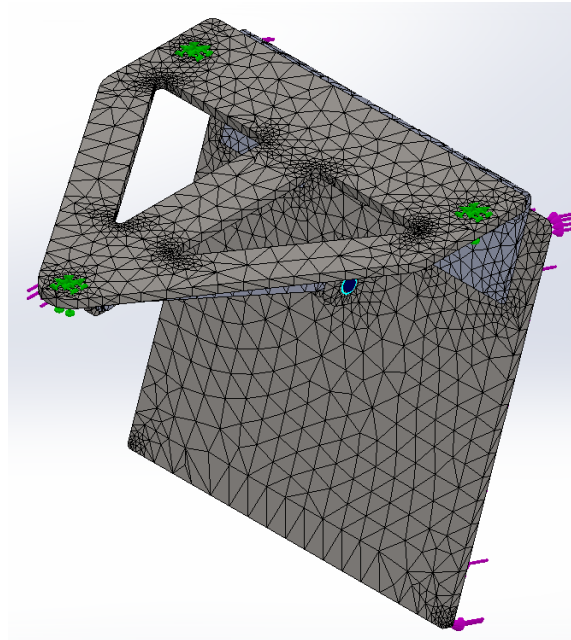


Figura 37. Mallado de 12 mm de longitud máxima de arista con 33 940 nodos para el análisis.

Para este ensayo se establecieron las fuerzas que ejercería el usuario y el resorte siendo 100 N y 15 N respectivamente, se definieron contactos entre las piezas de manera que las condiciones de borde sean semejantes a las que experimentará el dispositivo una vez instalado.

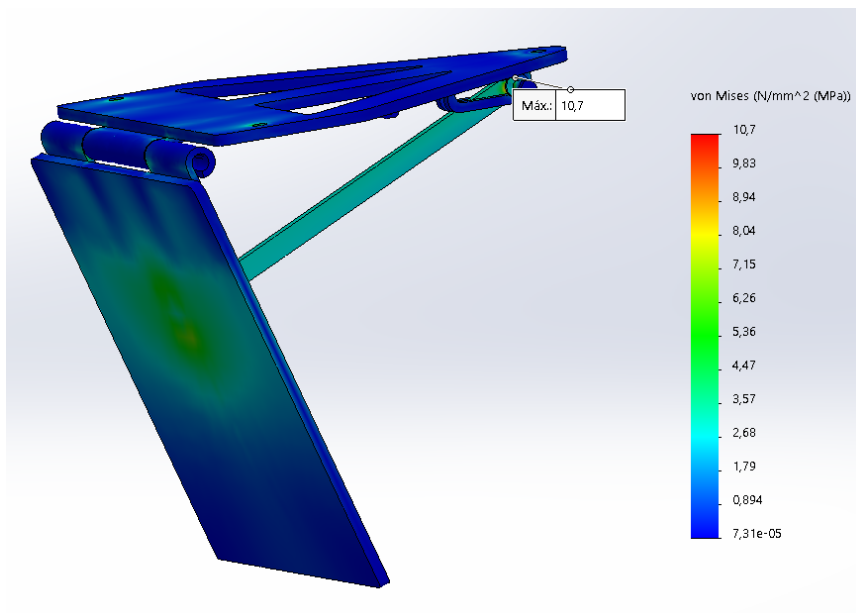


Figura 38. Resultado de tensiones del análisis estático del modelo.

La máxima tensión de von Mises en este ensayo es 10,7 MPa, como se observa en la figura 38. Este esfuerzo está localizado en la unión de la barra con el pasador que sujeta al resorte, como se observa en la figura 39.



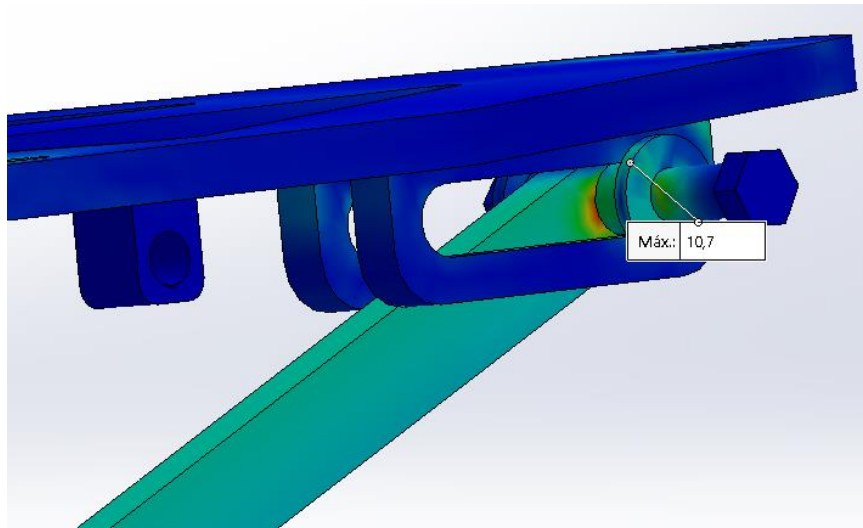


Figura 39. Localización de la tensión máxima en el ensayo.

### 3.9.2. Desplazamiento máximo.

En la figura 40 se observa que el desplazamiento provocado por las cargas aplicadas, según el software CAD, sería de menos de un milímetro. El desplazamiento se localizaría en la parte baja de la palanca.

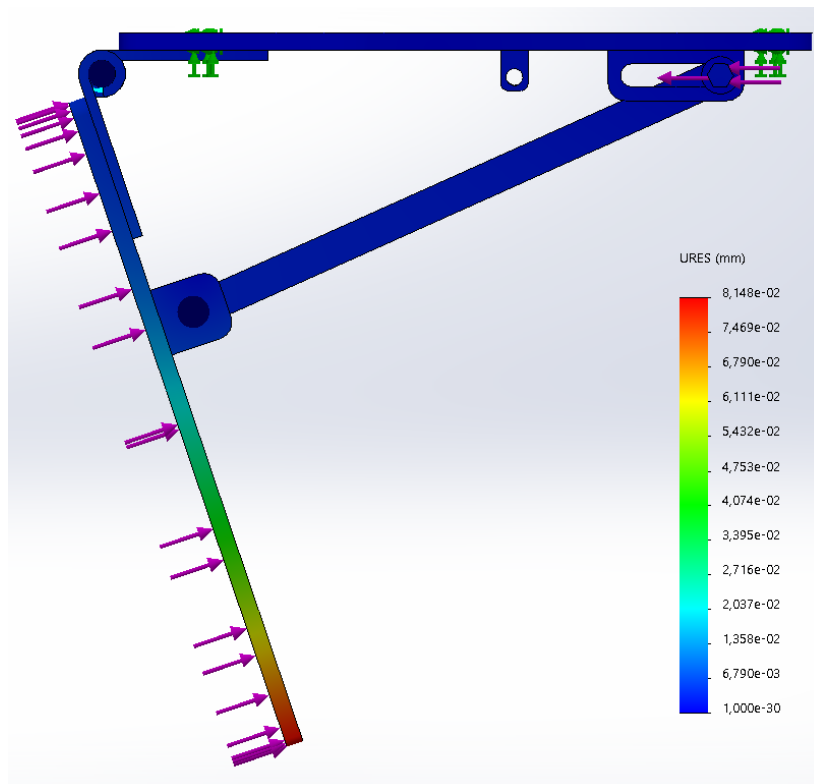


Figura 40. Desplazamiento máximo.

### 3.10. Factor de seguridad.

En este punto, se considerará el material A36 para el cálculo del factor de seguridad ya que de este están conformados la barra y el pasador. El límite de fluencia de este material es 250 MPa, además, se considera la tensión máxima de von Mises que se observa en el análisis de elementos finitos, utilizando (26) se obtiene  $N = 23,36$ . Dando como resultado un factor de seguridad bastante alto que asegura que los elementos no fallen.

### 3.11. Pandeo de la barra.

Para complementar el análisis del modelo sometido a las cargas descritas anteriormente, se realizará el cálculo de la carga crítica bajo el cual la barra podría pandearse. Se lo considera desde esta perspectiva debido a la relación de esbeltez que presenta la barra.

Las dimensiones de la sección transversal de la barra son 5 mm × 10 mm. Además, la longitud de la barra es  $l = 163,3$  mm. Considerando el momento de inercia de área más pequeño de la sección transversal de la barra y las condiciones de extremo de la barra como empotrada-empotrada y utilizando el valor conservador de la longitud efectiva [29] se tiene  $l_{ef} = l$  mm.

Con la ecuación (23) se conoce que  $k = 1,44$  mm y por ende con (22) se determina que la razón de esbeltez de esta pieza es  $Sr = 113,4$ .

De esta forma, utilizando (24) y se obtiene que la carga crítica  $P_{cr} = 7716$  N.

Ahora se debe determinar el valor de la carga de trabajo por medio de la determinación del diagrama de cuerpo libre de la barra como se muestra en la figura 41.

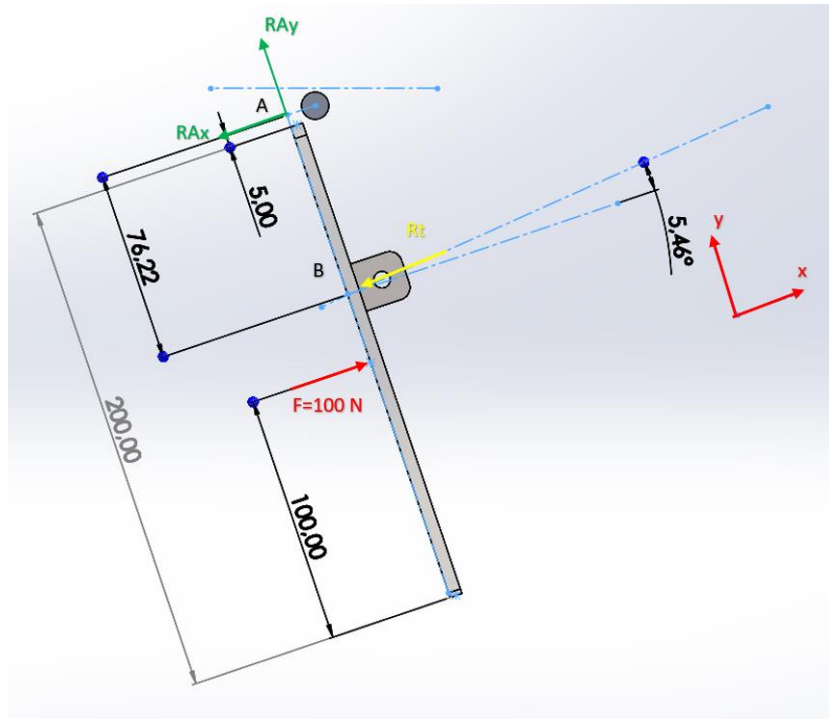


Figura 41. Diagrama de cuerpo libre de la palanca

Donde, para simplificar el cálculo se procede con la ecuación de equilibrio de momento en el punto A para despejar  $R_t$  como en la siguiente ecuación.

$$\sum M_A = 0 : -76,22 \text{ mm} \cdot R_t \cdot \cos(5,46) + 100 \text{ N} \cdot 105 \text{ mm} = 0$$

$$R_t = \frac{100 \text{ N} \cdot 105 \text{ mm}}{76,22 \text{ mm} \cdot \cos(5,46)} = 138,4 \text{ N}$$

Con estos valores se puede determinar el factor de seguridad en la barra según la ecuación (25)  
 $N_{barra} = 55,75$ .

Entonces, se concluye que la viga no pandeará bajo la carga estimada de 100 N que ejercería un usuario mientras utiliza el dispositivo en el lavamanos.

### 3.12. Protocolo de utilización segura del lavamanos.

El lavado de manos debe realizarse con frecuencia por las personas que se desenvuelven en el ambiente universitario. Durante el cambio de actividad o lugar de trabajo, los usuarios deben procurar mantener la higiene en las superficies con las que harán contacto sus manos.

En este punto se realiza una descripción del proceso recomendado para que los niveles de higiene sean adecuados entre las personas que cohabitan en el campus universitario, haciendo

enfoque en el uso del baño en general, las etapas del lavado de manos y las alternativas para desinfectar las manos.

### **3.12.1. Lavado higiénico.**

Se debe realizar un lavado higiénico, esto es una “técnica que se utiliza para eliminar la suciedad, materia orgánica y microbiota transitoria de las manos” [37], recomendablemente antes y después del ingreso al servicio higiénico.

Considerar lavarse las manos:

- Al cambiar de actividad o de aula.
- Antes y después de acercarse al módulo de lavado de manos.
- Después del contacto con suciedad o elementos contaminados.
- Después de estornudar, toser o tocar su rostro u otras partes del cuerpo.

### **3.12.2. Materiales para el lavado de manos.**

- Jabón líquido o jabón en barra.
- Toallas de papel de un solo uso.

### **3.12.3. Técnica para el lavado de manos.**

Este proceso no varía del descrito anteriormente y que es recomendado por [17] y [18].

1. Humedecer las manos con agua corriente, preferiblemente templada.
2. Aplicar jabón y distribuirlo completamente por las manos.
3. Frotar las manos palma con palma, sobre dorsos, espacios interdigitales y muñecas durante al menos 40 segundos, para comprender mejor los movimientos de frotación entre las manos con jabón se puede observar la figura 42.
4. Aumentar el tiempo de lavado si las manos están visiblemente sucias.
5. Enjuagar completamente con abundante agua corriente.
6. Secar las manos con toalla desechable de papel.

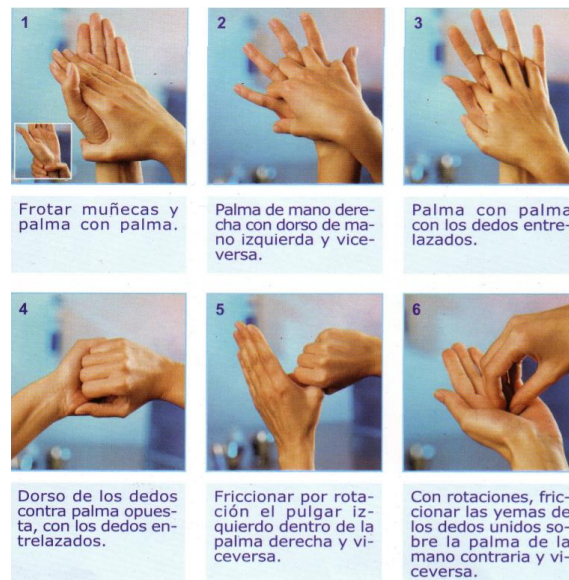


Figura 42. Movimientos de lavado de manos [38].

#### 3.12.4. Del uso del baño en general.

Se debe tener en cuenta también las siguientes indicaciones para el uso del baño en general, estas ayudarán a prevenir contagios tanto dentro como fuera del baño.

- Utilizar la mascarilla en todo momento dentro del baño, no retirarla ni manipularla ya que el baño no se considera un ambiente seguro.
- Respetar el aforo del baño y mantener la distancia social, esperar a que el ambiente esté más libre para hacer uso del servicio que sea necesario.
- Evaluar rápidamente el aspecto de las manos, realizar un lavado de manos higiénico o utilizar desinfectante en gel antes de tocar otras superficies dentro del baño.
- Reducir el contacto de las manos con otras superficies durante el uso de los servicios del baño mediante toallas de papel o el empleo de un dedo en lugar de las palmas.
- Informar a la persona encargada de la limpieza de los baños en caso de encontrar suciedad o inconvenientes con el estado de los servicios del baño y la falta de implementos para la higiene.

#### 3.12.5. Del uso de la palanca para obtener agua en el lavamanos.

Para obtener agua del grifo del lavamanos, el usuario debe colocarse de pie frente al lavamanos y utilizar la pierna derecha para empujar la palanca que estará colocada en el mesón de concreto del lavamanos como se observa en la figura 43.

Se debe ejercer una leve presión con la pierna, no es necesario realizar la acción de manera desmedida con impactos o fuerzas que puedan dañar el dispositivo.

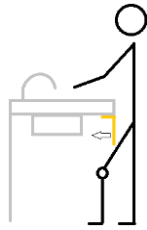


Figura 43. Postura del usuario frente al lavamanos con la alternativa propuesta.

En la figura 44 se observa el dispositivo colocado bajo el mesón del lavamanos, este activa una electroválvula de dos estados. Es decir, cuando el usuario presione la palanca el agua comenzará a salir del grifo y cuando la presión cese por parte del usuario el agua dejará de salir.

En esta no se observan el dispositivo para obtener jabón ni el del secado de manos debido a que estos no forman parte de la selección de elementos para la propuesta seleccionada. Sin embargo, es necesario mencionar que en la realidad estos deben estar presentes en el módulo de lavado de manos.

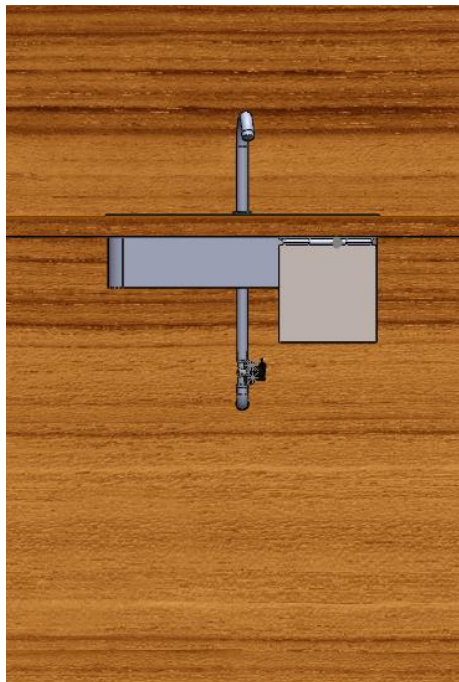


Figura 44. Colocación del dispositivo en el mesón del lavamanos.

La forma en la que se presente el jabón y cómo se lo obtiene no influye en el resultado final del proceso de lavado de manos, como se analizó en la sección 3.2. de este trabajo, por otra parte, el método de secado de manos debe ser con un dispensador de toallas de papel como se indica en la sección 3.3.2. donde se comparan dos formas de llevar a cabo el secado de manos.

## CAPÍTULO IV

### Conclusiones y recomendaciones.

#### Conclusiones.

- El lavado de manos es una actividad importante para prevenir al ser humano de contraer enfermedades virales y es posible realizarla con materiales y utensilios sencillos en un ambiente doméstico.
- En un baño público, las superficies de contacto frecuente con las manos representan un riesgo alto hacia los usuarios por lo que reducir la manipulación de estas es una forma útil de prevenir la contaminación de las manos.
- Un dispositivo accionado por el muslo, como el que se ha propuesto, reduce el nivel de contacto entre las manos del usuario y superficies potencialmente peligrosas alrededor del lavamanos ayudando a disminuir el riesgo de contagio de los usuarios.
- Estableciendo correctamente las condiciones de borde de un modelo, un análisis de elementos finitos mediante software de diseño asistido por computadora brinda resultados confiables y facilita el trabajo del ordenador.
- Realizar la curva de convergencia de distintos resultados del análisis estático del modelo en simulación por software ayudó a determinar qué análisis se ajusta mejor a los resultados esperados. Utilizando como parámetro de convergencia la tensión máxima de von Mises variando entre distintos mallados para el análisis, se seleccionó el primero de los ensayos que cumplió con un criterio de convergencia menor al 5% de error.
- Para la fabricación de un resorte bajo medidas especiales es necesario conocer en primer lugar el material que dispone el fabricante y con ello realizar los cálculos correspondientes.
- El factor de seguridad más bajo entre los analizados es el del resorte, este elemento puede ser el primero en fallar si no se respetan las condiciones de trabajo con las que se diseñó el modelo de variante para el lavamanos.

#### Recomendaciones.

- Las personas deben realizar el lavado de manos higiénico siempre que les sea posible, de esa forma se reduce la cantidad de patógeno en las superficies de las manos y de objetos que están en contacto frecuente.

- Si no existe la posibilidad de utilizar una alternativa de lavamanos para evitar el contacto de las manos con las superficies de alto riesgo, se debe utilizar otras partes del cuerpo como los codos o antebrazos con el fin de mantener limpias las manos.
- Para generar criterios de evaluación de alternativas adecuados se debe considerar aquellas cualidades comparables entre el número total de alternativas de manera que se eviten criterios exclusivos para el análisis.
- Asesorarse de manera adecuada al momento de realizar un análisis de elementos finitos puede ahorrar tiempo en el desarrollo de un proyecto ya que muchas veces el establecimiento de las restricciones y condiciones de borde erróneos genera malos resultados.
- Los análisis de elementos finitos son una gran herramienta de trabajo en el diseño de nuevos modelos, pero es conveniente siempre contrastar los resultados con cálculos hechos de manera convencional.
- Para realizar una curva de convergencia se debe tener claro el concepto que se analizará en cada ensayo del modelo, esto permitirá que el investigador determine cuántos ensayos son necesarios para obtener un resultado confiable.
- Se considera adecuado tener referencias de elementos catalogados y prefabricados al momento de realizar el diseño de una nueva pieza con dimensiones y características especiales.
- Mantener alto el nivel de higiene de los baños realizando limpiezas de manera frecuente utilizando desinfectantes y químicos que eliminen virus y bacterias.



## BIBLIOGRAFÍA.

- [1] World Health Organization, "World Helath Organization," 2020. [Online]. Available: <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses>.
- [2] Equipo Humanitario del País, "Plan de respuesta humanitaria COVID-19 Ecuador," Naciones Unidas, 2020.
- [3] W. Zhou, The coronavirus prevention handbook, New York: Hubei Science and Technology Press, 2020.
- [4] Organización Mundial de la Salud, Transmisión del SARS-CoV-2: repercusiones sobre las precauciones en materia de prevención de infecciones, Organización Mundial de la Salud, 2020.
- [5] Instituto Internacional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe, "Covid-19 y educación superior: De los efectos inmediatos al día después.," Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura, 2020.
- [6] Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias, "Guía para escuelas y centros educativos frente a casos de COVID-19," Ministerio de Sanidad de España, 2020.
- [7] A. M. Rodríguez Cortés, "Baños públicos de uso mecánico que evitan el contacto direto con el usuario," Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2010.
- [8] H. Houghton.Estados Unidos - Santa Fe Patent US20100326551A1, 2010.
- [9] J. O'Maley, D. Snodgrass, X. Chen y F. Parker.Estados Unidos-Florida Patente US7104519B2, 2006.
- [10] J. Pelkey.Estados Unidos - Minnesota Patent US8991655B2, 2015.
- [11] J. Wegelin and C. Curtis.España Patent EP2008561, 2008.
- [12] M. Rosko, A. Nelson, J. Moore and R. Schneider.Estados Unidos - Indianapolis Patent US9795255B2, 2017.

- [13] J. Keily and R. Dale. Estados Unidos - California Patent US9730559B2, 2017.
- [14] E. Drehmer de Almeida Cruz, F. Pimenta, M. Palos, S. Marín da Silva and E. Gir, "Higienización de manos: 20 años de divergencias entre la práctica y lo idealizado," *Ciencias y Enfermería*, vol. 15, no. 717, pp. 33-38, 2009.
- [15] V. De Vita, G. Weisburd, D. Beltramino and E. Bussi, "Conocimiento actitudes y prácticas del personal de salud relacionados con el lavado de manos clínico en una unidad de cuidados intensivos.," *Revista Médica Rosario*, vol. 80, pp. 105 - 116, 2014.
- [16] F. Álvarez Gómez, "El lavado de manos. Prevención de infecciones transmisibles.," *Gaceta Médica Espirituana*, vol. 13, no. 1608 - 8921, pp. 1-8, 2011.
- [17] Centers for Disease Control and Prevention, "CDC," U. S. Department of Health & Human Services, 17 agosto 2020. [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/handwashing/esp/when-how-handwashing.html>.
- [18] M. L. Pantoja, "Recomendaciones para la higiene de manos.," *Revista Médica LA PAZ*, vol. 16, no. 2, 2010.
- [19] Griferías Trabajo Pesado, "TIG," Web-STAT, [Online]. Available: <https://www.grifostig.com/?lang=es>. [Accessed 12 1 2021].
- [20] Electronilab, "Electronilab," [Online]. Available: <https://electronilab.co/tienda/sensor-detector-de-obstaculos-infrarrojo-fc-51-fc51/>. [Accessed 2021].
- [21] NAYLAMP, "Naylamp Mechatronics," [Online]. Available: <https://naylampmechatronics.com/valvulas/314-valvula-solenoid-1p2-pulg-12vdc.html>. [Accessed 2021].
- [22] A. Serna, F. Ros and J. Rico, "Guía práctica de sensores.," in *Sensores de contacto pasivo*, España, Creaciones S. L., 2010, p. 24.
- [23] GRUMEBER SL, "GRUMEBER SL especialistas del mecanizado & decoletaje," Applus Systems Certifications, [Online]. Available: <https://www.grumeber.com/7-formas-populares-cortar-metal/>. [Accessed 2021].

- [24] D. Shuda, "Eligiendo el proceso de corte mecanizado adecuado para su taller," *The fabricator*, 22 Marzo 2016.
- [25] MAESTRO, "MAESTRO," [Online]. Available: <https://www.maestro.com.pe/hazlo-con-maestro/herramientas/cuantos-tipos-de-soldaduras-existen>. [Accessed 2021].
- [26] The fabricator, "Las reglas de la selección de herramientas de prensa dobladora," *The fabricator*, 2019.
- [27] IMPORT ACEROS, "IMPORT ACEROS," 2021. [Online]. Available: <https://www.importaceros.com/wp-content/uploads/2021/01/Catalogo-importaceros-2021-web.pdf>.
- [28] R. Budynas and K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, McGraw Hill, 2008.
- [29] R. L. Norton, *Diseño de máquinas, un enfoque integrado.*, Pearson Education Inc., 2011.
- [30] I. Pepper, P. Rusin, D. Quintanar, C. Haney, K. Josephson and C. Gerba, "Tracking the concentration of heterotrophic plate count bacteria from the source to the consumer's tap.," *International Journal of Food Microbiology*, vol. 92, no. 3, pp. 289 - 295, 2004.
- [31] F. Soto and H. Hernández, "Uso de toallas de papel frente a secadores electrónicos en higiene de manos," *Revista de Enfermedades Infecciosas en Pediatría*, pp. 512-513, 2014.
- [32] J. D. S. A. N. D. J. M. K. A. Reynolds, "Comparison of electric hand dryers and paper towels for hand hygiene: a critical review of the literature.," *Journal of Applied Microbiology*, 2020.
- [33] C. S. C. Mendieta, "Estimación del consumo energético y emisiones de CO2 en el ciclo de vida de toallas de papel y secadores eléctricos.," Universidad San Francisco de Quito, Quito, 2017.
- [34] E. Best, P. Parnell, J. Couturier, F. Barbut, A. Le Bozec, L. Arnoldo, A. Madia, S. Brusaferrero and M. Wilcox, "Environmental contamination by bacteria in hospital

washrooms according to hand-drying method: a multi-centre study," *Journal of Hospital Infection*, pp. 469-475, 2018.

- [35] D. Bastidas and S. Paguaga, "Prevalencia de microorganismos utilizando secador de aire caliente vs papel toalla como técnicas de secado de mano en la clínica Odontológica Dr. René Puig Bentz de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, periodo Enero-Abril 2019," Repositorio Institucional RI-UNPHU, Santo Domingo, 2019.
- [36] QuimiNet.com, "QuimiNet.com," [Online]. Available: <https://www.quiminet.com/productos/acero-inoxidable-aisi-316l-11237345211/precios.htm>. [Accessed 2021].
- [37] Dirección de servicios sanitarios, "Protocolo de lavado de manos y uso correcto de guantes en atención primaria de asturias," *Servicio de Salud del principado de Asturias*, vol. 1, pp. 1-15, 2009.
- [38] C. A. Prieto, "ECO-E-LAVADO DE MANOS," Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública de la Universidad de Granada, Granada.
- [39] NAYLAMP MECHATRONICS, "NAYLAMP MECHATRONICS," NAYLAMP MECHATRONICS SAC, 2021. [Online]. Available: <https://naylampmechatronics.com/valvulas/314-valvula-solenoide-1p2-pulg-12vdc.html>.
- [40] Departamento de Ingeniería de Proyectos, "Agua potable para varios sectores de Calderón," Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito - EPMAPS, Quito, 2013.
- [41] DISAI, "DISAI Automatic Systems," DISAI Automatic Systems, 2021. [Online]. Available: <https://www.disai.net/producto/interruptores-de-pedal/>.
- [42] C. Riba, Selección de materiales en el diseño de máquinas, Edicions UPC, 2010.
- [43] L'Hexágon Ferretería, "FERRETEA," [Online]. Available: <https://ferrete.com/es/pr/serie-media-225-kg/bisagra-pernio-3-cuerpos-para-soldar-zincada-serie-media-BIS..3..SOLD-477>.



## ANEXOS.

### Anexo 1. Hoja de datos de la electroválvula.

# ZE-4F180 12V Water Solenoid Valve

Technical Manual Rev 1r0



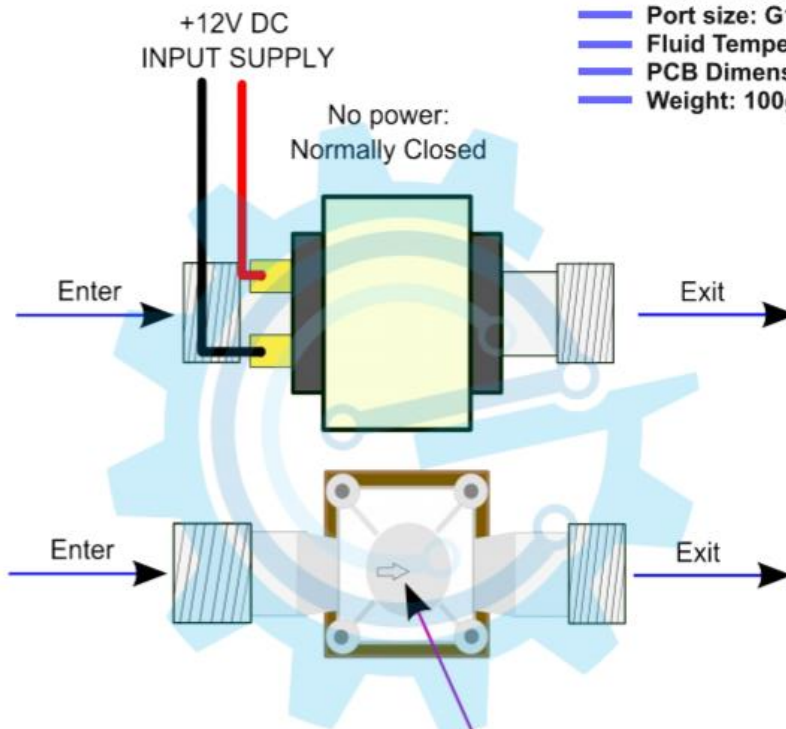
The **ZE-4F180 12V Water Solenoid Valve** is normally closed water solenoid valve, so if you put pressurized water, the water will be blocked. Then, if you power the magnet with the expected current/voltage, the valve will open and the water will flow.

#### FEATURES:

- Normally Closed
- For water or low viscosity fluids control

#### GENERAL SPECIFICATIONS:

- Input Supply: +12VDC
- Rated Power: 5W
- Material: Plastic
- Flow Characteristics: 1.5L/min, 20L/min
- Water Pressure: 0.02 to 0.8MPa
- Port size: G1/2 inches
- Fluid Temperature: 0 ~ 100 deg Cm
- PCB Dimensions: 8.5cmx4.5cm
- Weight: 100g



**Figure 1:** Normally Closed Water Flow Direction

## Anexo 2. Hoja de datos del conector 12 voltios tipo hembra.

---

**Model Number: CON-003-H**

Type: Adapter, Plug  
Application: Power  
Gender: Female  
Pin: Copper  
Body material: Environmental Friendly Material  
Style: Female  
Wire Type: Power cable  
Durability: 5000 times  
Size: 5.5\*2.1mm  
Color: Black and green



- 1) Used for CCTV camera, LED, etc.
- 2) Environmental Protection Material
- 3) DC plug to 2 screw terminals
- 4) Screw-down terminal ensure a secure connection
- 5) DC Female plug end fits for standard DC sockets
- 6) 2.1mm OD / 5.5mm OD

### Anexo 3. Hoja de datos del transformador a 12 voltios.

Additional Resources: [Product Page](#) | [3D Model](#)



date 09/18/2020

page 1 of 5

#### SERIES: SWI24-N | DESCRIPTION: AC-DC POWER SUPPLY

##### FEATURES

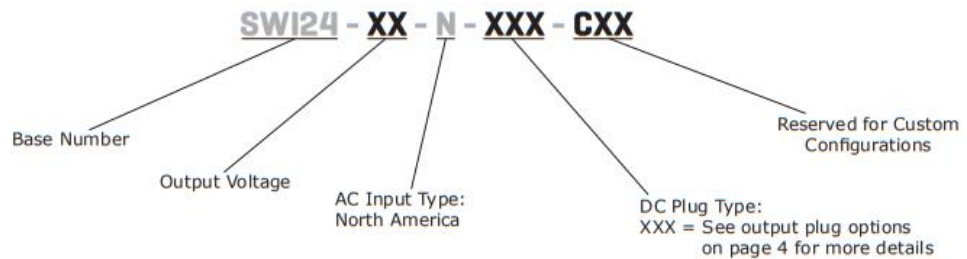
- up to 24 W continuous power
- DOE Level VI, CEC, ErP Stage 2
- no load power consumption < 0.1 W
- compact size
- universal input voltage range
- over voltage, over current, and short circuit protections
- UL/cUL, PSE safety approvals
- certified to 60950-1 and 62368-1 standards



MODEL	output voltage (Vdc)	output current max (A)	output power max (W)	ripple and noise <sup>1</sup> max (mVp-p)	efficiency level
SWI24-12-N	12	2	24	120	VI
SWI24-15-N	15	1.6	24	150	VI
SWI24-24-N	24	1	24	240	VI

Notes: 1. At full load, nominal input, 20 MHz bandwidth oscilloscope, each output terminated with 0.1  $\mu$ F multilayer ceramic and 10  $\mu$ F low ESR electrolytic capacitors.

##### PART NUMBER KEY



cui.com



## Anexo 4. Hoja de datos del acero inoxidable 304.



### ACERO INOXIDABLE 304

También se lo conoce como acero inoxidable opaco o mate. Los aceros inoxidables 304 austeníticos no son magnéticos, es decir no se pega el imán, y no pueden ser endurecidos por tratamiento térmico. Son muy dúctiles y presentan excelente soldabilidad.

El inoxidable austenítico más popular es el Tipo 304, que contiene básicamente 18% de cromo y 8% de níquel, con un tenor de carbono limitado a un máximo de 0,08%. Tiene gran aplicación en las industrias químicas, farmacéuticas, de

alcohol, aeronáutica, naval, uso en arquitectura, alimenticia, y de transporte. Es también utilizado en cubiertos, vajillas, piletas, revestimientos de ascensores y en un sin número de aplicaciones.

#### Acabados del acero inoxidable 304:

**Acabado 2B:** Planchas laminadas en frío, acabado mate, con protección PVC.

**Acabado N4:** Planchas pulida a una cara, con protección de PVC, la otra en acabado 2B.

**Acabado N1:** Planchas laminadas en caliente, tratadas térmicamente, decapadas química y mecánicamente.

## DESCRIPCIÓN

### Norma: AISI 304

#### Especificaciones Generales del acero inoxidable 304:

ESPEORES	desde 0.40 – 15 mm	
ACABADOS	2B – N4 – N1	
DIMENSIONES	1220 x 2440 mm (estándar)	
	1220 x otros (largos especial)	
DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A LA NORMA	JIS	SUS 304
	ASTM	304
	DIN	4301



## Anexo 6. Hoja de datos del acero inoxidable 316.



### ACERO INOXIDABLE 316

El acero inoxidable 316 es un acero inoxidable austenítico de cromo-níquel que contiene entre dos y 3% de molibdeno. El contenido de molibdeno aumenta la resistencia a la corrosión, mejora la resistencia a las picaduras en soluciones de iones de cloruro y aumenta la resistencia a altas temperaturas.

Adicionalmente, es particularmente efectivo en ambientes ácidos y sirve para proteger contra la corrosión causada por los ácidos sulfúrico, clorhídrico, acético, fórmico y tartárico, así

como los sulfatos ácidos y los cloruros alcalinos.

EL grado 316 posee muchas variantes. La más común recibe la letra L, la designación "L" significa que el acero 316L posee menos carbono que el 316.

Posee el mismo rango de aplicación que el AISI 304, pero por la incorporación de Molibdeno en su estructura, su resistencia a la corrosión es superior al AISI 430 y al AISI 304 lo que permite emplearlo en medios más agresivos, como ácidos y atmósfera salina. Se utiliza para adornos arquitectónicos, equipo para el procesamiento de alimentos, farmacéutico, fotográfico, textil, laboratorios, etc.

#### Acabados:

**Acabado 2B:** Planchas laminadas en frío, acabado mate, con protección PVC.

**Acabado N4:** Planchas pulida a una cara, con protección de PVC, la otra en acabado 2B.

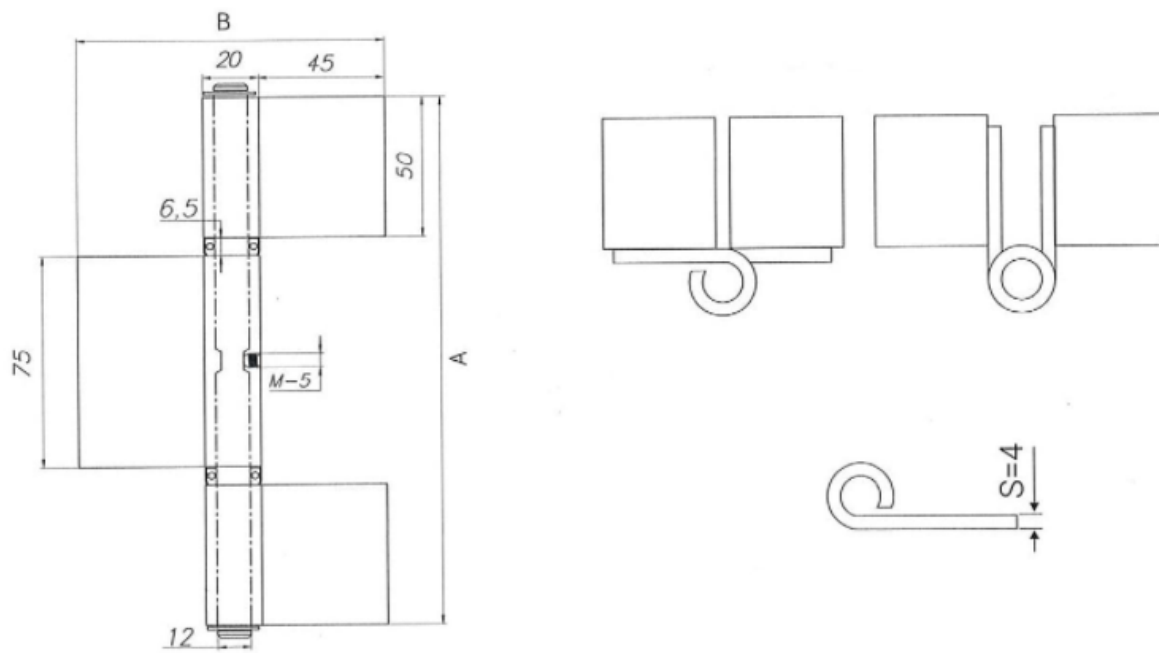
**Acabado N1:** Planchas laminadas en caliente, tratadas térmicamente, decapadas química y mecánicamente.

## DESCRIPCIÓN

FICHA TÉCNICA DEL ACERO INOXIDABLE			
TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE			SERIE
DESIGNACIÓN	TIPO AISI		316
	COMPOSICIÓN QUÍMICA		C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 16% – 18%* Ni 10% – 14%* Mo 2% – 2.5%
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO A 20C (DENSIDAD)	(g/cm <sup>3</sup> )	7.95 – 7.98
	MÓDULO DE ELASTICIDAD	(N/mm <sup>2</sup> )	193,000
	ESTRUCTURA		AUSTENÍTICO
	CALOR ESPECÍFICO A 20C	(J/Kg K)	500



**Anexo 7. Dimensiones de la bisagra de tres cuerpos.**



Ref.	Medidas Ax B (mm)
203181001	180x100
203181101	180x110