



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERÍA MECÁNICA**

Restauración y mantenimiento del canal hidráulico modelo, perteneciente al laboratorio del Departamento de Hidráulica y Medio Ambiente de la Facultad de Tecnología de la Construcción de la Universidad Nacional de Ingeniería.

**AUTORES**

Br. Elton Junior Padilla Moran

Br. Olmer Moisés Salgado Fariñas

**TUTOR**

Dr. Jorge Alberto Rodríguez García

**Managua, 03 de Junio de 2021.**



## **DEDICATORIA.**

### **Elton Junior Padilla Moran.**

Esta monografía está dedicada primeramente a Dios por tenerme con vida y con salud, también a mi familia porque siempre estuvieron apoyándome para culminar esta monografía.

### **Olmer Moisés Salgado Fariñas**

Dedico este trabajo monográfico primeramente a Dios por haberme dado fortaleza, sabiduría y entendimiento en todo este proceso de aprendizaje.

De igual forma dedico este trabajo de manera muy especial a mis hermanos, a mis padres a quien le debo toda mi vida, en especial a mi mama **Elba Santiago Fariñas Tinoco** quien me ha brindado su apoyo incondicional en cada paso que he dado en mi vida, siendo ella mi mayor fuente de inspiración y de superación para lograr mis metas y anhelos.

## **AGRADECIMIENTO.**

### **Elton Junior Padilla Moran.**

Para realizar esta monografía he recurrido a muchas personas que me han colaborado con tiempo, ideas, sugerencias que al final fueron de mucha ayuda en mi trabajo.

Se le da los agradecimientos de este trabajo a los miembros de mi familia que me han ayudado y apoyado a realizar este tema, así como también al Dr.: Jorge Alberto Rodríguez García y al Ing.: Paulo Mota quienes supieron guiarme en el proceso de esta monografía.

### **Olmer Moisés Salgado Fariñas.**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida, y a toda mi familia por apoyarme siempre.

Mi profundo agradecimiento con los docentes, compañeros de clase, amistades y a mi novia Yaros Vanessa Turcio. Quienes me han apoyado en cada paso que he dado en este proceso de estudio y por los sabios consejos que me brindaron cuando más lo necesitaba.

De igual manera mi agradecimiento a mi tutor de monografía Dr. Jorge Alberto Rodríguez García. y al Ing. Pablo Mota. Quienes con su profunda dedicación y apoyo hicieron que este trabajo monográfico fuese una realidad.

## **RESUMEN.**

La elaboración de este trabajo monográfico refleja el proceso de restauración y mantenimiento de un canal hidráulico en la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Pedro Arauz Palacio.

En el desarrollo de este documento se presenta una serie de procesos tales como: El diagnóstico de cada uno de los componentes en general del equipo, realización de reparación y mantenimiento de cada elemento perteneciente al canal hidráulico, análisis de costo de inversión de restauración y mantenimiento, la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para así garantizar un buen funcionamiento y alargar la vida útil del equipo.

Por último, el canal hidráulico antes de ser entregado a los encargados del laboratorio fue sometido a pruebas de rigor para así garantizar el buen estado y funcionamiento de dicho equipo.

Este trabajo monográfico trae como ventajas que, una vez realizada la restauración y mantenimiento del canal hidráulico, los estudiantes de las carreras ingeniería agrícola y civil realizarán sus prácticas de laboratorio en un equipo que presta las condiciones necesarias y de forma eficiente, garantizando así que el estudiante complemente sus conocimientos tanto teóricos como prácticos.

Por lo que podemos llegar a concluir que el objetivo de la realización de esta monografía es que los estudiantes cuenten con el equipo de laboratorio en buen funcionamiento y en las mejores condiciones.

## TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCION .....	1
II. OBJETIVOS.....	2
4.1 Objetivo General.....	2
4.2 Objetivos Específicos .....	2
III. JUSTIFICACION.....	3
IV. HIPOTESIS.....	4
V. MARCO TEORICO .....	5
5.1 Hidráulica .....	5
5.2 Propiedad de los fluidos .....	5
5.2.1 Densidad específica o absoluta .....	5
5.2.2 Peso especifico .....	5
5.2.3 volumen especifico .....	6
5.2.4 Viscosidad .....	6
5.3 Canales hidráulicos .....	6
5.3.1 Características generales del fluido en canales hidráulicos.....	6
5.4 Tipos de flujo en canales abiertos.....	7
5.4.1 Flujo permanente y flujo no permanente.....	7
5.4.2 Flujo uniforme y flujo variado .....	8
5.5 Estado de flujo .....	8
5.6 Clases de canales abiertos .....	10
5.7 Flujo en canales abiertos y sus propiedades .....	12
5.7.1 Geometría de un canal .....	12
5.7.2 Elementos geométricos de una sección de canal .....	12
5.8 Canal hidráulico rectangular de ensayo .....	15

<b>5.9 Tipos y modelos de canales hidráulicos de ensayos .....</b>	<b>16</b>
<b>5.9.1 Canal de ensayo marca: tecquipment del laboratorio de hidráulica de la FTC.....</b>	<b>16</b>
<b>5.9.2 Canal de ensayo HM 162.....</b>	<b>17</b>
<b>5.9.3 Canal de ensayo multipropósito C4MKII .....</b>	<b>19</b>
<b>5.10 Banco de servicios .....</b>	<b>20</b>
<b>5.11 Elementos requeridos que componen un canal hidráulico de ensayo .....</b>	<b>21</b>
<b>5.11.1 Regla de medición de la altura del agua (Hidrómetro) .....</b>	<b>21</b>
<b>5.11.2 Vertedero de pared Ancha .....</b>	<b>22</b>
<b>5.11.3 Presa vertedero .....</b>	<b>22</b>
<b>5.12 Mantenimiento .....</b>	<b>23</b>
<b>5.12.1 Tipos de mantenimientos .....</b>	<b>23</b>
<b>5.12.2 Mantenimiento correctivo .....</b>	<b>23</b>
<b>5.12.3 Mantenimiento predictivo .....</b>	<b>24</b>
<b>5.12.4 Mantenimiento preventivo .....</b>	<b>24</b>
<b>VI. Análisis y presentación de resultado. ....</b>	<b>25</b>
<b>6.1 Identificación del estado actual del canal hidráulico rectangular marca tecquipmentk. ....</b>	<b>25</b>
<b>6.1.1 Estética y estado en que se encuentra los componentes del canal hidráulico.....</b>	<b>25</b>
<b>6.1.2 Pintura.....</b>	<b>25</b>
<b>6.1.3 Tanques de almacenamiento.....</b>	<b>26</b>
<b>6.1.3.1 Tanque cisterna .....</b>	<b>26</b>
<b>6.1.3.2 Tanque principal “entrada de agua a la sección transversal del canal” .....</b>	<b>27</b>

6.1.3.3 Tanque secundario “salida de agua de la sección transversal del canal”	28
6.1.3.4 Tanque pesador.....	28
6.1.4 Acrílico “polímero termoplástico transparente” .....	30
6.1.5 Accesorios del canal hidráulico.....	31
6.1.5.1 Flexómetro.....	31
6.1.5.2 Hidrómetro” limnómetro” .....	32
6.1.5.3 Compuerta de caudal.....	33
6.1.6 Sistema eléctrico y mecánico.....	34
6.1.6.1 Sistema eléctrico.....	34
6.1.6.2 Sistema mecánico .....	35
Electrobomba.....	35
Válvula de compuerta de cuña solida.....	35
6.2 Análisis Económico.....	36
6.2.1 inversión.....	36
6.3 Mantenimiento integral del canal hidráulico rectangular de ensayo.....	39
6.3.1 Reparación y mantenimiento a los diferentes tipos de tanques del canal hidráulico.....	39
6.3.1.1 Tanque cisterna.....	39
6.3.1.2 Tanque principal.....	40
6.3.1.3 Tanque pesador.....	42
6.3.1.4 Descarga de agua principal .....	43
6.3.1.5 Empaque de retención del agua.....	43
6.3.1.6 Ductos auxiliares de descarga de agua.....	44
6.3.2 Acrílico. “Polímero termoplástico transparente”. .....	44
6.3.3 Accesorio del canal hidráulico.....	46

6.3.3.1 Flexómetro .....	46
6.3.3.2 Hidrómetro “limnómetro” .....	47
6.3.3.3 Compuerta de caudal .....	48
6.3.4 Sistema eléctrico y mecánico .....	49
6.3.4.1 Sistema de arranque manual del motor .....	49
6.3.4.2 Electrobomba .....	50
6.3.4.3 Válvula de compuerta de cuña sólida .....	51
6.3.5 Proceso de pintado del canal hidráulico .....	52
6.3.6 Montaje total del canal hidráulico .....	54
6.3.7 Volante de inclinación del canal .....	56
6.4 Entrega del canal hidráulico y realización de pruebas del equipo .....	57
6.4.1 Pruebas funcionales del equipo .....	57
6.5 Mantenimiento preventivo del canal hidráulico .....	58
VII. Conclusiones y Recomendaciones .....	61
7.1 Conclusiones .....	61
7.2 Recomendaciones .....	62
VIII. BIBLIOGRAFIA .....	63

## **I. INTRODUCCION**

La presente investigación se basa en la restauración y mantenimiento de un canal hidráulico en la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Pedro Arauz Palacios. El canal hidráulico está ubicado específicamente en el laboratorio de Hidráulica y Medio Ambiente de la Facultad de Tecnología de la Construcción.

La investigación de esta problemática se realizó con el interés de mejorar las condiciones técnicas del canal hidráulico del laboratorio, en la cual tanto la institución educativa como los estudiantes siendo estos últimos los mayores beneficiados ya que podrán poner en práctica todos los conocimientos teóricos aprendido en las asignaturas correspondiente.

En este trabajo se presentaron una propuesta metodológica de carácter descriptivo y explicativo en donde se pudo determinar los principales problemas que presentaba el canal hidráulico y de igual manera se dieron las soluciones adecuadas para un correcto funcionamiento.

Todo esto se realizó tomando en cuenta cada uno de los objetivos específicos siendo estos nuestra principal referencia que nos ayudó a resolver de una manera ordenada cada una de las problemáticas encontrada en el canal hidráulico.

El laboratorio del Departamento de Hidráulica y Medio Ambiente de la Facultad de Tecnología de la Construcción, ahora cuenta con el canal hidráulico restaurado y en óptimas condiciones para su debido uso, logrando así cumplir con el objetivo principal.

## **II. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Restaurar el canal hidráulico modelo perteneciente al laboratorio del departamento de hidráulica y medio ambiente de la Facultad de Tecnología de la Construcción de la Universidad Nacional de Ingeniería.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Identificar el estado actual del canal hidráulico conociendo así el alcance del trabajo de restauración a través de la observación y desmonte parcial de sus componentes.
- Determinar los recursos técnicos, materiales y económicos necesarios para la puesta en correcto funcionamiento del canal hidráulico.
- Solucionar las averías encontradas en los componentes del canal hidráulico con el fin de mantener una alta disponibilidad técnica del equipo.
- Garantizar el funcionamiento adecuado del canal hidráulico a través de pruebas funcionales del mismo.
- Proponer un plan de mantenimiento preventivo para el canal hidráulico con la finalidad de asegurar un buen funcionamiento y una larga vida útil del equipo.

### **III. JUSTIFICACION**

Desde varios siglos antes el ser humano ha construido canales hidráulicos como son: canales de navegación, irrigación, vertederos, drenaje, canales para centrales eléctricas, y muchos otros para controlar el curso del agua y obtener beneficios de esta; para generar conocimiento práctico valioso en hidráulica, se han creado canales hidráulicos de laboratorios, los cuales están diseñados para poder analizar los resultados de aplicar las teorías hidráulicas a escenarios reales a escala. Las prácticas en los canales hidráulicos de laboratorio son importantes para los estudiantes e investigadores del campo de la hidráulica, esto incluye a los estudiantes de la Facultad de Tecnología de la Construcción de la Universidad Nacional de Ingeniería. Por tanto, es de suma importancia la restauración del canal hidráulico modelo del laboratorio del departamento de hidráulica y medio ambiente, para garantizar la generación del conocimiento práctico necesario para la formación de los estudiantes.

El proceso de restauración del canal hidráulico es importante ya que se generará conocimiento de dicho proceso, que puede ser de ayuda para futuras restauraciones de canales hidráulicos modelos u otras maquinarias similares.

Con la restauración del canal hidráulico desde el punto de vista económico lo que se busca es incrementar al máximo la confiabilidad y disponibilidad del canal hidráulico, permitiendo que este se encuentre en buen estado de funcionamiento la mayor parte del tiempo. Por lo que se realizará un plan de mantenimiento preventivo, en el cual los beneficios adquiridos están relacionados directamente con la vida útil del canal hidráulico que constará con inspecciones periódica. Este es el motivo por el que el laboratorio de hidráulica de la facultad de tecnología de la construcción se verá beneficiada económicamente en relación a los gastos que afecten al presupuesto interno en un mantenimiento correctivo.

## **IV. HIPOTESIS**

Si se restaura el canal hidráulico modelo perteneciente al laboratorio del departamento de hidráulica y medio ambiente de la Facultad de Tecnología de la Construcción desmontando todos sus componentes y dándole mantenimiento preventivo, entonces se garantizará la disponibilidad del canal hidráulico frente a las exigencias de las prácticas técnicas en las asignaturas de hidráulica.

## V. MARCO TEORICO

### 5.1 Hidráulica

La hidráulica es la aplicación del método integral de la mecánica de fluido en la cual en la vida práctica intervienen líquidos. Podría agregarse que esta es la rama aplicada de la mecánica de fluido incompresible. (Cadavid, 2006).

### 5.2 Propiedad de los fluidos

Fluido es aquella sustancia que, debido a su poca cohesión intermolecular, carece de forma propia y adopta la forma del recipiente que lo contiene (Mataix, 1982).

#### 5.2.1 Densidad específica o absoluta

La densidad es masa por unidad de volumen, (Mataix, 1982)

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

ecuación 5-1

Donde,

m                      Masa en kg, SI.

V                      Volumen en  $m^3$ .SI.

#### 5.2.2 Peso específico

Peso específico es el peso por unidad de volumen,

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{m \cdot g}{V} = \rho \cdot g$$

ecuación 5-2

Donde,

W                      Peso en N, SI.

V                      Volumen en  $m^3$ , SI.

El peso específico se define como la cantidad de peso (w) por unidad de volumen (v) en una sustancia (Mataix, 1982)

### 5.2.3 volumen específico

Se representa con la letra  $V$  y se define como el inverso de la densidad, es decir el volumen que ocupa 1 kg de la sustancia (Mataix, 1982). Se representa con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{1}{\rho} \qquad \text{ecuación 5-3}$$

### 5.2.4 Viscosidad

Entre las moléculas de un fluido existen fuerzas moleculares que se denominan fuerza de cohesión. Al desplazarse unas moléculas con relación a otra se produce a causa de ellas una fricción. Por otra parte, entre las moléculas de un fluido en contacto con un sólido y las moléculas del sólido existen fuerzas moleculares que se denominan fuerza de adherencia. El coeficiente de fricción interna del fluido se denomina viscosidad y se designa con la letra griega ( $\mu$ ) “ $\eta$ ”. La viscosidad, como cualquier otra propiedad del fluido, depende del estado del fluido caracterizado por la presión y la temperatura. (Mataix, 1982).

## 5.3 Canales hidráulicos

Los canales hidráulicos son conductos en los cuales el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera, y de su propio peso. (Rodríguez Ruiz, 2008)

### 5.3.1 Características generales del fluido en canales hidráulicos

El flujo de agua en un conducto puede ser flujo en canal abierto o flujo en tuberías. Estas dos clases de flujos son similares en muchos aspectos, pero se diferencian en un aspecto importante.

El flujo de canal abierto debe de tener una superficie libre, en tanto que el flujo en tubería no la tiene, debido a que en este caso el agua debe llenar completamente el conducto. Una superficie libre está sometida a la presión atmosférica.

A pesar de la similitud que existe entre estos dos tipos de flujo, es mucho más fácil resolver problema de flujo en canales abiertos que en tuberías a presión. Las condiciones de flujos en canales abiertos se complican por el hecho de que la posición de la superficie libre puede cambiar con el tiempo y con el espacio, y también por el de que la profundidad de flujo, caudal y las pendientes del fondo del canal de la superficie libre son interdependiente. (Rodriguez Ruiz, 2008)

#### **5.4 Tipos de flujo en canales abiertos**

El flujo en canales abiertos puede clasificarse en muchos tipos y distribuirse de diferentes maneras. La siguiente clasificación se hace de acuerdo con el cambio en la profundidad del flujo con respecto al tiempo y al espacio. (Rodriguez Ruiz, 2008).

##### **5.4.1 Flujo permanente y flujo no permanente**

Se dice que el flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad del flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración.

El flujo es no permanente si la profundidad de flujo cambia con respecto al tiempo en consideración.

En la mayor parte de canales abiertos es necesario estudiar el comportamiento del flujo solo bajo condiciones permanentes. Sin embargo, el cambio en la condición del flujo con respecto al tiempo es importante, el flujo debe tratarse como no permanente, el nivel de flujo cambia de manera instantánea a medida que las ondas pasan y el elemento tiempo se vuelve de vital importancia para el diseño de estructuras de control.

(Rodriguez Ruiz, 2008)

### **5.4.2 Flujo uniforme y flujo variado**

Se dice que el flujo en canales abierto es uniforme si la profundidad de flujo es la misma en cada sección del canal. Un flujo uniforme puede ser permanente o no permanente, según cambie o no la profundidad con respecto al tiempo.

El flujo uniforme permanente: es el tipo de flujo fundamental que se considera en la hidráulica de canales abierto. La profundidad del flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración.

El establecimiento de un flujo uniforme no permanente requeriría que la superficie del agua fluctuara de un tiempo a otro, pero permaneciendo paralela al fondo del canal.

El flujo es variado si la profundidad de flujo cambia a lo largo del canal. Este último tipo de flujo puede ser clasificado también como:

Flujo rápidamente variado o gradualmente variado: si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas, si no de otro modo se comporta gradualmente variado. (Rodríguez Ruiz, 2008)

### **5.5 Estado de flujo**

El estado o comportamiento de flujo en canales abierto está gobernado básicamente por los efectos de la viscosidad y gravedad en relación con las fuerzas inerciales de flujo (Chow, 1994).

- I. Efecto de la viscosidad: El flujo puede ser laminar, turbulento o transicional según el efecto de la viscosidad en relación con la inercia.
- II. El flujo es laminar: Si la fuerza viscosa es muy fuerte en relación con las fuerzas inerciales de tal manera que la viscosidad juega un papel importante para determinar el comportamiento de flujo. En el flujo laminar, las partículas de agua se mueven en trayectoria suave definidas.

III. El flujo es turbulento: Si las fuerzas viscosas son débiles en relación con las fuerzas inerciales. En flujo turbulento, las partículas del agua se mueven en trayectoria irregulares, que no son suaves ni fijas. (Chow, 1994)

El efecto de la viscosidad en relación con la inercia, puede representarse mediante el número de Reynolds definido por:

$$Re = \frac{vL}{\mu} \qquad \text{ecuación 5-4}$$

Donde

V      velocidad de flujo, en pies /s o en metro/s

L      longitud, en pies o en metro.

$\mu$       Viscosidad cinemática, en *pies*<sup>2</sup>/s o *metros*<sup>2</sup>/s

Los valores límites son:

Flujo laminar	Re < 500
Flujo turbulento	Re > 1000
Flujo de transición	500 < Re < 1000

Nota: como el flujo en la mayor parte de los canales es turbulento, un modelo empleado para simular un canal prototipo debe ser diseñado de tal manera que el número de Reynolds del flujo en el canal modelo este en el rango turbulento. (Chow, 1994)

El efecto de la gravedad sobre el estado de flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales. La relación ante mencionada está dada por el número de Froude, (Chow, 1994) el cual se representa.

$$F = \frac{V}{\sqrt{gD}} \qquad \text{ecuación 5-5}$$

Donde,

V      velocidad de flujo, en pies/s o en metro/s

$g$  aceleración de la gravedad, en *pies*<sup>2</sup>/*s* o *metros*<sup>2</sup>/*s*  
 $D$  profundidad hidráulica, en pies o en metros.

Criterio:

Si	$F = 1;$	$v = \sqrt{gD}$	estado critico
Si	$F < 1;$	$v < \sqrt{gD}$	flujo subcrítico
Si	$F > 1;$	$v > \sqrt{gD}$	flujo supercrítico

Cuando se presentan flujos suscritica, el papel de la fuerza gravitacional es más dominante: el flujo tiene una velocidad baja, tranquilo y la corriente es lenta.

Cuando el flujo es supercrítico las fuerzas inerciales se vuelven dominante: el flujo tiene una alta velocidad y se describe como rápido, ultrarrápido y torrencial. (Chow, 1994)

Nota: debido a que el flujo en la mayor parte de los canales está controlado por efectos gravitacionales, para simular un canal prototipo con propósitos de pruebas el número Froude del flujo en el canal modelo debe ser igual al número de Froude del flujo en el canal prototipo, en el caso que se cuente uno disponible. (Chow, 1994).

## 5.6 Clases de canales abiertos

Un canal abierto es un conducto en el cual el agua fluye con una superficie libre. De acuerdo con su origen un canal puede ser natural o artificial (Chow, 1994).

### 5.6.1 Canales naturales

Incluyen todos los recursos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían en tamaños desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, ríos pequeños y grandes y estuarios de mareas. Las corrientes subterráneas que transportan agua con una superficie libre también son consideradas como canales abiertos naturales. La sección transversal de un canal natural es generalmente de forma muy irregular y variable durante su recorrido. (Rodriguez Ruiz, 2008)



**Figura 1: Canales naturales**

Fuente: (Rodríguez Ruiz, 2008)

### **5.6.2 Canales artificiales**

Son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de vegetación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas de drenaje, vertedero, canales de desborde y canales de drenaje agrícola, etc. Así como canales de modelos construidos en el laboratorio con propósitos experimentales. Los canales artificiales usualmente se diseñan con formas geométricas regulares (prismático), un canal construido con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante se conoce como canal prismático. El termino sección de canal se refiere a la sección transversal tomado en forma perpendicular a la dirección del flujo. (Rodríguez Ruiz, 2008) En la siguiente figura se representa un tipo de canal artificial.



**Figura 2 Canal artificial de sección transversal trapecial.**

Fuente: (Rodriguez Ruiz, 2008)

## **5.7 Flujo en canales abiertos y sus propiedades**

### **5.7.1 Geometría de un canal**

Un canal construido con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante se conoce como canal prismático. De otra manera el canal no es prismático. (Chow, 1994).

### **5.7.2 Elementos geométricos de una sección de canal**

Los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad de flujo.

Para secciones regulares y simples, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad de flujo y de otras dimensiones de la sección, pero para secciones complicadas y secciones de corrientes naturales, no se pueden escribir una ecuación simple para expresar estos elementos, pero pueden

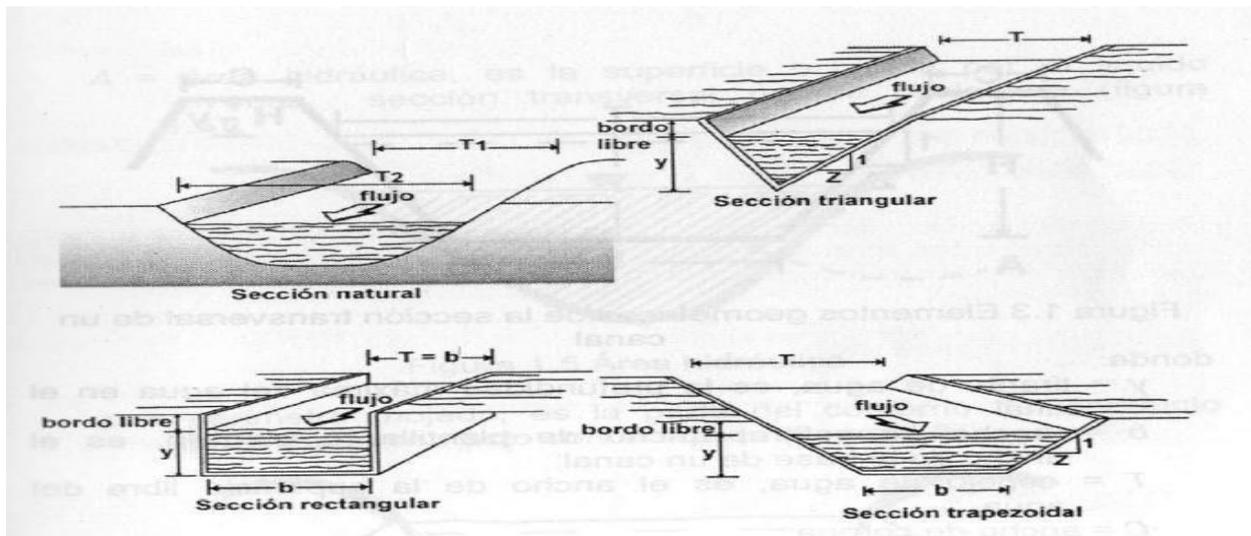
prepararse curvas que representen la relación entre estos elementos y la profundidad de flujo para uso en cálculos hidráulicos. (Chow, 1994)

Las secciones transversales más comunes son las siguientes:

- Sección trapezoidal: se usan en canales de tierras debido a que proveen la pendiente necesaria para estabilidad, y en canales revestidos. (Bejar, 2007)
- Sección rectangular: debido a que el rectángulo tiene lados verticales, por lo general se utiliza para canales construido con materiales estables, como canales excavados en roca y canales revestidos. (Bejar, 2007)
- Sección triangular: se usa para cunetas revestidas en las carreteras, también en canales pequeños de tierra, fundamentalmente por facilidad de trazos. (Bejar, 2007)
- Sección parabólica: se usan comúnmente para canales revestidos, alcantarillas y en la forma que toman aproximadamente muchos canales naturales. (Bejar, 2007)

En nuestro caso de estudio la Facultad de Tecnología de la Construcción cuenta con el canal hidráulico con una sección transversal abierta tipo rectangular. Ya que está compuesto por dos paredes verticales y una pared horizontal formando así un rectángulo. Las paredes laterales de la sección del canal están hechas de vidrio templado, permitiendo una observación óptima de los ensayos.

En la siguiente figura se muestra algunas secciones transversales abiertas más frecuentes.

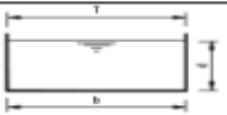
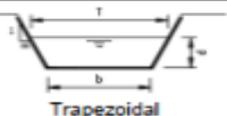
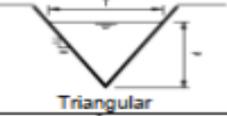


**Figura 3: Sección transversales más comunes.**

Fuente:(Bejar, 2007, pág. 17)

A continuación, en la siguiente tabla se muestran las 5 formas geométricas utilizadas comúnmente.

**Tabla 1. Elementos geométricos de secciones de canal**

Sección	Área	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico	Ancho Superficial	Profundidad Hidráulica	Factor de Sección
 Rectangular	$b \cdot d$	$b + 2d$	$\frac{b \cdot d}{b + 2d}$	$T$	$d$	$b \cdot d^{1.5}$
 Trapezoidal	$b \cdot d + m \cdot d^2$	$b + 2d\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{b \cdot d + m \cdot d^2}{b + 2d\sqrt{1 + m^2}}$	$b + 2m \cdot d$	$\frac{b \cdot d + m \cdot d^2}{b + 2m \cdot d}$	$\frac{[(b + m \cdot d)d]^{1.5}}{\sqrt{b + 2m \cdot d}}$
 Triangular	$m \cdot d^2$	$2d\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{m \cdot d^2}{2d\sqrt{1 + m^2}}$	$2m \cdot d$	$\frac{d}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot m \cdot d^{2.5}$
 Circular	$\frac{(\theta - \sin \theta) \cdot D^2}{8}$	$\frac{D \cdot \theta}{2}$	$(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}) \cdot \frac{D}{4}$	$\left[ \left( \frac{\sin \theta}{2} \right) \cdot D \right] \circ$ también $2\sqrt{d(D - d)}$	$\frac{1}{8} \left( \frac{\theta - \sin \theta}{\sin(\frac{1}{2}\theta)} \right) D$	$\frac{\sqrt{2}}{32} \cdot \frac{(\theta - \sin \theta)^{1.5}}{\sin(\frac{1}{2}\theta)^{0.5}} \cdot D^{2.5}$
 Parábola	$\frac{2}{3} T \cdot d$	$T + \frac{8}{3} \cdot \frac{d^2}{T}$	$\frac{2T^2 \cdot d}{3T^2 + 8d^2}$	$\frac{3}{2} \cdot \frac{A}{d}$	$\frac{2}{3} d$	$\frac{2}{9} \cdot \sqrt{6} \cdot T \cdot d^{1.5}$

Fuente:(Chow, 1994, pág. 21)

Descripción:

Área (A). Es el área mojada o área de la sección transversal del flujo, perpendicular a la dirección del flujo.

Perímetro mojado (P). Es la longitud de la línea de intersección de la superficie de la canal mojada y de un plano transversal perpendicular a la dirección del flujo.

Radio hidráulico (R). Es la relación del área mojada con respecto a su perímetro mojado.

Ancho superficial (T). Es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.

Profundidad hidráulica (D). Es la relación entre el área mojada y el ancho en la superficie.

Factor de sección (Z). Se utiliza para el cálculo de flujo crítico. Es el producto del área mojada y la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica. (Chow, 1994).

### **5.8 Canal hidráulico rectangular de ensayo**

La ingeniería hidráulica se encarga, entre otras cosas, de rutas de navegación artificial, la regulación de ríos y embalse. Con ayuda de los canales de ensayo en los laboratorios se enseñan los fundamentos necesarios.

En la enseñanza y la investigación se utilizan canales de ensayo para mostrar y estudiar los fenómenos más importantes del flujo en canales abiertos. Los canales de ensayo muestran relaciones de flujo en canales abiertos de sección rectangular. (GUNT, 2020)

## 5.9 Tipos y modelos de canales hidráulicos de ensayos

### 5.9.1 Canal de ensayo marca: tecquipment del laboratorio de hidráulica de la FTC

El canal hidráulico Marca: tecquipment, Ref.Nº 1112116 perteneciente al laboratorio de hidráulica en la Facultad de Tecnología de la Construcción tiene las siguientes características:

Este canal tiene un circuito de agua cerrada. La sección transversal de la sección de ensayo es de 75x155mm, la sección de ensayo tiene una longitud de 4.85m. Las paredes laterales de la sección del ensayo están hechas de polímero termoplástico transparente, permitiendo una observación óptima de los ensayos. El elemento de entrada está diseñado de modo que el flujo entre en la sección de ensayo con escasa turbulencia, para simular una pendiente de fondo y ajustar un flujo uniforme, con una profundidad de descarga constante, la inclinación del canal de ensayo se puede ajustar sin escalonamiento.

Datos técnicos del canal:

Sección de ensayo

Longitud: 4.85m

Sección transversal del flujo: 75x155mm

Ajuste de la inclinación: -0,5... +3%.

Deposito: 180 L

Bomba: 1 Hp

Consumo de potencia: 0.75 KW

Caudal máximo: 33.6  $m^3 /h$

Altura de elevación máxima: 36 m.

Rango de medición

Caudal: 0... 6 $m^3 /h$ .



**Figura 4 canal hidráulico.**

Fuente: Propia, 2020

### **5.9.2 Canal de ensayo HM 162**

Este canal tiene un circuito de agua cerrada. La sección transversal de la sección de ensayo es de 309x450mm, la sección de ensayo tiene una longitud de 5m con un elemento de prolongación adicional HM 162.10, de 12.5 m como máximo. Las paredes laterales de la sección del ensayo están hechas de vidrio templado, permitiendo una observación óptima de los ensayos. Todos los componentes que entran en contacto con el agua están hechos de materiales resistentes a la corrosión (acero inoxidable, plástico reforzado por fibra de vidrio) el elemento de entrada está diseñado de modo que el flujo entre en la sección de ensayo con escasa turbulencia, para simular una pendiente de fondo y ajustar un flujo uniforme, con una profundidad de descarga constante, la inclinación del canal de ensayo se puede ajustar sin escalonamiento.

Hay una amplia selección de modelos disponible como accesorio, como, por ejemplo. Vertederos, pilares, generador de olas que permiten realizar un completo programa de

ensayo. A continuación, se muestra la figura 5 que representa unas vistas del canal de ensayo. (GUNT, 2020)

Datos técnicos del canal.

Sección de ensayo

Longitud posible: 5m, 7.5m, 10m, 12.5m

Sección transversal del flujo: 309x450mm

Ajuste de la inclinación: -0,5... +2.5%.

Deposito: 2 depósito de 1100 L cada uno.

Bomba:

Consumo de potencia: 4 KW

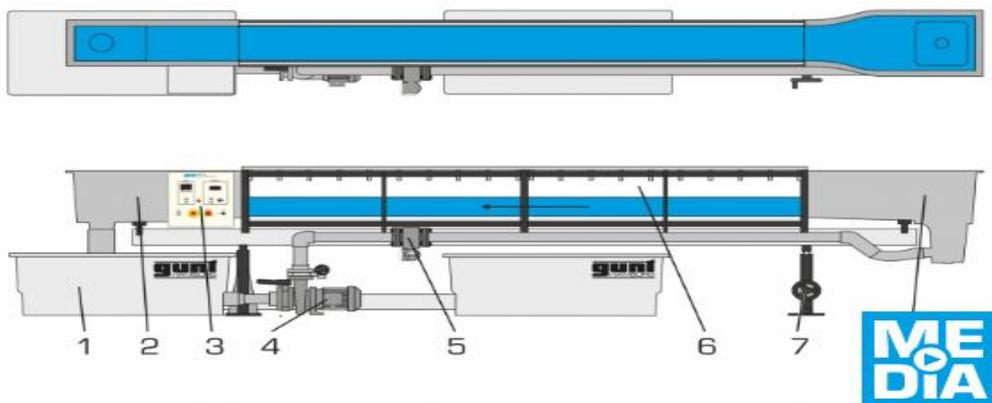
Caudal máximo: 132  $m^3/h$

Altura de elevación máxima: 16.1 m.

Numero de revoluciones: 1450  $min^{-1}$

Rango de medición

Caudal: 5.4... 130  $m^3/h$ .



1 depósito de agua, 2 elemento de salida, 3 caja de distribución, 4 bomba, 5 sensor de caudal, 6 sección de ensayo, 7 ajuste de la inclinación, 8 elemento de entrada

**Figura 5: Canal de ensayo HM 162**

Fuente: (GUNT, 2020)

### 5.9.3 Canal de ensayo multipropósito C4MKII

Este nuevo accesorio para el banco hidráulico de servicios comunes F1-10 fue diseñado principalmente para mostrar los principios de mecánica de fluido aplicadas a estructuras montadas en canales hidráulicos abiertos. La versión Millo con cualquiera de los bancos F1-10-A.

Este canal abierto presenta paredes acrílicas transparentes que facilitan la observación sin ningún tipo de obstrucción en toda la zona de estudio. Cuenta con un tanque de PVC para la entrada y la salida, el tanque de entrada tiene un dispositivo de amortiguamiento que asegura una entrada suave y uniforme del agua al canal. El canal está montado sobre una estructura rígida, cuya inclinación se puede ajustar con precisión mediante un gato previamente calibrado.

El nivel de agua en la sección de trabajo se controla ajustando la altura del vertedero de descarga. El canal fue diseñado para utilizarse con el banco hidráulico de servicios comunes F1-10, que cuenta con una bomba, una válvula reguladora de caudal, y un tanque calibrado para hacer mediciones caudales volumétrico. En la figura 6 se muestra el canal hidráulico multipropósito. (Armfield, 2020)



**Figura 6: Canal hidráulico multipropósito C4MKII**

Fuente: (Armfield, 2020)

## 5.10 Banco de servicios

Esta unidad ha sido diseñada como módulo de servicio portátil y autónomo. El banco está fabricado en plástico de bajo peso, resistente a la corrosión y las ruedas en la que va montado le confieren movilidad, la parte superior del banco incorpora un canal abierto con canales laterales que sirven de apoyo al accesorio que se estará ensayando. La medición volumétrica está integrada y ha sido elegida frente a otros métodos de medición de caudal por su facilidad de uso, precisión y seguridad. Un deflector de amortiguación reduce la turbulencia, una válvula de vaciado situada en la base del tanque volumétrico es operada por un actuador remoto. El agua es traída desde el depósito por una bomba centrífuga, y la válvula de control bypass montada en el panel frontal regula el caudal. La siguiente figura representa lo que es un banco de servicio hidráulico. (Armfield, 2020)



**Figura 7: Banco de servicio**

Fuente: (Armfield, 2020)

## 5.11 Elementos requeridos que componen un canal hidráulico de ensayo

### 5.11.1 Regla de medición de la altura del agua (Hidrómetro)

Instrumento compuesto de una punta palpadora que entra en contacto con el agua y el nivel se lee directamente en una escala graduada, tiene un recorrido suficiente para posibilitar la medición de cualquier nivel de agua en el canal. El accesorio está montado sobre un soporte móvil, que se puede desplazar a lo largo del todo el canal, En las figuras 9 y 10 se muestran dos tipos de hidrómetro uno mecánico y otro digital. (GUNT)



**Figura 8: Hidrómetro digital**

Fuente: (GUNT, 2020)



**Figura 9: Hidrómetro mecánico**

Fuente: (GUNT, 2020)

### 5.11.2 Vertedero de pared Ancha

Los vertederos de pared gruesa tienen menor capacidad de descarga para igual carga de agua que los vertederos de cresta delgada. Su uso más frecuente es como estructuras de control de nivel, pero pueden ser también calibrados y usados como estructuras de medición de caudal.

Un vertedero de cresta ancha fabricado en PVC con espesor suficiente para mantener la verticalidad del vertedero y su no deformación y con refuerzos laterales flexibles que aseguran la estanqueidad. Se puede fijar en cualquier parte del fondo del canal. El vertedero se puede colocar por uno de sus lados que presenta el borde de la cresta redondeado o por el otro que presenta el borde recto. A continuación, en la siguiente figura se muestra el vertedero de pared ancha. (GUNT, 2020)



**Figura 10: Vertedero de pared ancha.**

Fuente: (GUNT, 2020)

### 5.11.3 Presa vertedero

Las presas-vertedero de perfil Ojea son vertederos fijos y forman parte de las estructuras de control. Habitualmente son usadas para derivar caudales y crear remansos en un río. Cuenta con tres presas-vertedero de perfil otee con diferentes inclinaciones de descarga. Están fabricadas en PVC y se pueden fijar en cualquier parte del fondo del canal, y tienen refuerzos laterales flexibles que aseguran la estanqueidad, en la siguiente figura su muestra un tipo de vertedero. (GUNT, 2020)



**Figura 11: Presa vertedero**

Fuente: (GUNT, 2020)

## **5.12 Mantenimiento**

Mantenimiento es el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. (Garrido, 2010)

### **5.12.1 Tipos de mantenimientos**

Tradicionalmente, se han destinado 3 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas. (Renovatec, 2018). Que incluyen:

Mantenimiento correctivo.

Mantenimiento predictivo.

Mantenimiento preventivo.

### **5.12.2 Mantenimiento correctivo**

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos. (Renovatec, 2018)

### **5.12.3 Mantenimiento predictivo**

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos. (Renovatec, 2018).

### **5.12.4 Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se definió como una serie de tareas planeadas previamente, que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las que fue creado un activo. Puede planearse y programarse con base en el tiempo el uso o las condiciones del equipo. (A. Raouf, 2000)

El mantenimiento preventivo puede ser planeado previamente, aunque en algunos casos se pueden encontrar posibles fallas que ameriten de su corrección inmediata, aunque no fue planeada la ejecución con anticipación. (A. Raouf, 2000)

Es importante resaltar, que el mantenimiento se lleva a cabo o se programa de formas diferentes, todo dependerá del tiempo, de las condiciones, del uso y del lugar donde opere el equipo. (A. Raouf, 2000)

En el caso de nuestro estudio por el tipo de equipo y componentes que posee se propone realizar un mantenimiento preventivo al canal hidráulico planeando tareas que se lleven a cabo en un tiempo determinado contrarrestando así las fallas potenciales que puedan llegar a afectar el funcionamiento del equipo.

## **VI. Análisis y presentación de resultado.**

### **6.1 Identificación del estado actual del canal hidráulico rectangular marca tecquipmentk.**

A continuación, se llevará en desarrollo el estado inicial en el que se encontró el equipo, representado a detalle en cada uno de los siguientes incisos.

#### **6.1.1 Estética y estado en que se encuentra los componentes del canal hidráulico.**

En este punto consideramos el estado en que se encuentra la maquina a nivel visual, tomando en cuenta cada uno de los componentes que posee el canal hidráulico.



**Figura 12: Estado del canal hidráulico antes de la restauración y mantenimiento**

#### **6.1.2 Pintura.**

A nivel exterior la pintura en el canal hidráulico se encontraba en buen estado, pero a nivel interno, específicamente en los diferentes tipos de tanques que posee el canal hidráulico, la capa de pintura era escasa la cual no estaba realizando la protección adecuada para evitar la corrosión en dichos tanques.

### 6.1.3 Tanques de almacenamiento.

#### 6.1.3.1 Tanque cisterna.

En este tanque se observó que este presentaba diferentes problemas.

- Interior del tanque, presenta alto grado de oxidación debido a la permanencia del agua en dicho tanque.
- Desagüe, este tanque posee dos orificios para drenar el agua, uno ubicado en la parte posterior y el otro en la parte lateral derecha de dicho tanque los cuales se encontraban obstruido, razón a la cual se atribuye la permanencia de agua en el tanque.

Cabe destacar que el agua en el tanque permanecía durante mucho tiempo. a continuación, se muestra la siguiente figura.



figura 13. Estado en el que se encontró el tanque cisterna.

### 6.1.3.2 Tanque principal “entrada de agua a la sección transversal del canal”

De igual manera que el tanque cisterna, el tanque principal se encontró con problemas de corrosión, pero este último tiene un aspecto más crítico y es que presentaba fuga de agua por la parte inferior y costados del tanque, a continuación, se muestra las siguientes figuras.



**Figura 14: Estado en que se encontró este tanque.**



**Figura 15: Parte inferior y costado del tanque en mal estado.**

### 6.1.3.3 Tanque secundario “salida de agua de la sección transversal del canal”

Este fue uno de los tanques, que se encontraba en casi su totalidad en buen estado, tanto como la parte externa e interna. a continuación, se muestran la siguiente figura.



**Figura 16: Estado del tanque secundario.**

### 6.1.3.4 Tanque pesador.

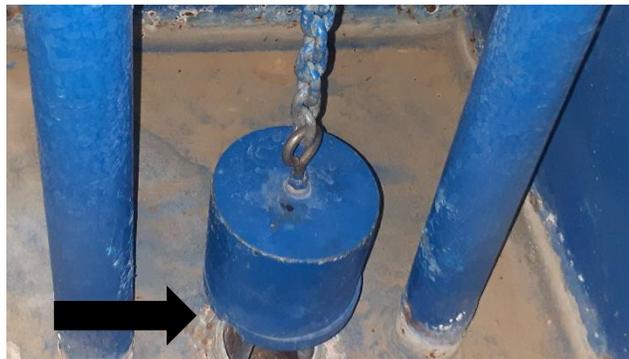
En este tanque se observó un sinnúmero de averías, que se describen a continuación.

- Descarga de agua principal, ducto que posee un anillo de cuello, encontrándose este mismo en mal estado.
- Empaque de retención de agua, la goma encargada de retener el fluido se encontró con picaduras las cuales permitían el paso de fluido al tanque cisterna.
- Ductos auxiliares de descarga de agua, estos por estar en contacto meramente con el fluido que permanecía en el tanque cisterna, provocó que una parte de esos ductos presentara problema de corrosión.

Los daños descritos anteriormente serán visto a continuación en las siguientes figuras.



**Figura 17: Ducto de descarga principal, anillo de cuello en mal estado.**



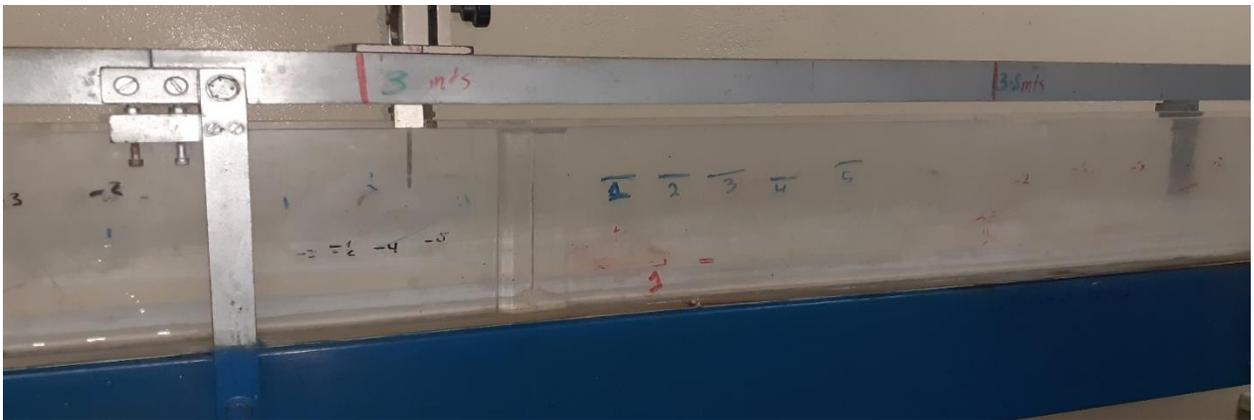
**Figura 18: Empaque de retención de agua, en mal estado.**



**Figura 19: Ductos auxiliares de descarga.**

#### 6.1.4 Acrílico “polímero termoplástico transparente”

Esta es una de las partes fundamentales del canal hidráulico de ensayo, en esta parte el canal está compuesto por paredes acrílicas que forman una sección transversal rectangular, he aquí donde se ve los diferentes comportamientos del agua, que se da en cada una de las prácticas de laboratorio. El estado en que se encontraba las paredes de dicho acrílico era deteriorado este presentaba numerosos rallones y poseía poca visibilidad debido a suciedad que estaban en las paredes de dicho canal. Además presentaba pequeñas filtraciones de agua en las uniones a lo largo de la sección transversal. A continuación, se muestran las siguientes figuras.



**Figura 20: Estado en el que se encontró el acrílico, vista frontal.**



**Figura 21: Estado del acrílico, vista posterior.**

## 6.1.5 Accesorios del canal hidráulico.

### 6.1.5.1 Flexómetro.

Este es uno de los accesorios que a menudo se utiliza en cada una de las prácticas realizadas en el laboratorio, dicho elemento ya estaba presentando problemas más que todo en la visualización de toma de lectura ya que estaba presentando problemas de oxidación. A continuación, se muestran las siguientes figuras



**Figura 22: Estado en que se encontró el flexómetro, vista frontal.**



**Figura 23: Estado del flexómetro, vista posterior.**

### 6.1.5.2 Hidrómetro” limnimetro”

En el canal hidráulico del laboratorio cuentan con dos hidrómetros que son utilizados para medir la altura del nivel del agua en cada tramo de la sección transversal del canal hidráulico. El estado de cada uno de los hidrómetros era deteriorado la avería en ambos era la presencia de oxidación en las partes graduadas lo cual no permitían la toma de una lectura correcta. A continuación, se muestra las siguientes figuras.



Figura 24: Estado del hidrómetro.

### 6.1.5.3 Compuerta de caudal.

El problema que estaba presentando la compuerta del canal, es que no permanecía estática, debido a la circulación del agua en la sección transversal se generaban pequeñas vibraciones que hacían que la compuerta se bajara sin ser manipulada. A continuación, se muestra la siguiente figura.



**Figura 25: Compuerta de caudal.**

## 6.1.6 Sistema eléctrico y mecánico

### 6.1.6.1 Sistema eléctrico

Este equipo presenta componentes eléctricos tales como:

- caja de breaker: Este elemento se encontró en buen estado, pero no estaba ejerciendo ninguna función ya que no estaba conectado a la red eléctrica.
- Otro de los componentes es el sistema de arranque manual del motor: Este es un componente eléctrico compacto el cual está compuesto por un contactor y una botonera que se encarga de poner en paro y poner en marcha a la electrobomba, este elemento se encontraba fuera de servicio por qué no sabían cómo realizar su debida conexión, por lo cual la electrobomba estaba conectada directamente a la red de alimentación eléctrica si ninguna protección. A continuación, se muestra la siguiente figura.



Figura 26: Sistema de arranque manual del motor.

### 6.1.6.2 Sistema mecánico

#### **Electrobomba.**

Este dispositivo se encontraba en buen estado, no presentaba ninguna avería. A continuación, se muestra la siguiente figura.



**Figura 27: Electrobomba.**

#### **Válvula de compuerta de cuña sólida**

Esta válvula es la encargada de la regulación de caudal, la problemática que presentaba este elemento es que a medida que disminuían el caudal, la presión del agua en circulación aumentaba lo cual provocaba fuga de agua debido a altas presiones. Se muestra la siguiente figura.



**Figura 28: Válvula de compuerta de cuña sólida.**

## 6.2 Análisis Económico.

El análisis económico del canal hidráulico comprende los costos monetarios y mano de obra para la restauración del equipo.

### 6.2.1 inversión.

#### Inversión mecánica

No	Descripción	Unidades	Costo(C\$)
1	Lija de agua numero 180	2	48
2	Lija de agua numero 220	3	48
3	Lija de agua numero 400	2	30
4	Lija de agua numero 1000	4	72
5	Lija de agua numero 2000	4	72
6	Resina 1/8	1	100
7	Yarda tela fibra de vidrio 2	1	250
8	Litro de resina	1	170
9	Manguera para desagüe 7/16"x50'ft	1	300
10	Polish	1	200
11	Removedor de pintura lanco galón	1	880
12	Sierra	2	52
13	Libra de soldadura 6013	1	90
14	Anti gravilla besa ¼ urkl protect 9005	3	1,140
15	Pistola nec para Antigravilla	1	400
16	Qto klass monocapa 509-31700	1	1,205
17	Otv klass monocapa 509-31700	1	607
18	Octvo base anclaje nasson 49117	1	390
19	Qto base catalizada klass 3+1 31654-721	1	560
20	Pepel crema tipo periódico 22x34 pulg(rollo)	3	87
21	Gln tinner acrílico	1	230
22	Masklng tape besa Orange 3/4	2	170

23	Teflón	2	30
24	Brida metálica	3	54
25	Epoxi- mil	2	200
26	Brocha de 2"	6	120
27	Cloroformo 100ml	1	125
28	Broca para concreto 3/8	1	20
29	Broca para metal 1/8	3	60
30	Spray panint	3	240
31	Reductor PVC	2	30
32	Chinela rolter para elaborar el empaque del tanque pesador	1	100
<b>Total</b>			<b>8,080</b>

Tabla 9.1.1 costos de la parte mecánica.

#### Inversión eléctrica

No	Descripción	Unidades	Costo(C\$)
1	Cable multifilar no 12(m)	10	180
2	Limpia contacto	1	350
<b>Total</b>			<b>530</b>

Tabla 6.2.2 costo de la parte eléctrica.

#### Inversión de mano de obra.

No	Descripción	Valor/unidad	Unidad	Días trabajados	Costo(C\$)
1	Soldadura con acetileno	700	–	1	700
2	Soldadura con electrodo	500	–	1	500
3	Aplicación de pintura al equipo	1000	–	1	1,000
<b>Total</b>					<b>2,200</b>

Tabla 6.2.3 mano de obra.

**inversión total.**

<b>No</b>	<b>Tipo de costo</b>	<b>Total, en (C\$)</b>	<b>Total, en (\$)</b>
<b>1</b>	Mecánico	8,080	231
<b>2</b>	Eléctrico	530	15
<b>3</b>	Mano de obra	2,200	63
<b>Total</b>		<b>10,810</b>	<b>309</b>

Tabla 6.2.4 inversión total.

La inversión total de la restauración del canal hidráulico resulto ser de 10,810 córdobas que esto equivale a 309 dólares.

Costos de mantenimiento.

Suponiendo que se utilizara el canal hidráulico siete semanas por semestre.

<b>Costo anual</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo/unitario</b>	<b>Tiempo de mantenimiento</b>	<b>Costo total(C\$)</b>
<b>Válvula de cuña</b>	Cambio de empaquetadura	200	semestral	400
<b>Sistema eléctrico</b>	Chequeo y limpieza.	600	semestral	1,200
<b>Bomba Centrifuga de 1HP</b>	Mantenimiento preventivo de la bomba.	1,000	semestral	2,000
<b>Acrílico</b>	Limpieza y pulido	2,919	semestral	5,838
<b>Total</b>				<b>9,438</b>

La inversión total del costo de mantenimiento del canal hidráulico resulto ser de 9,438 córdobas esto es equivalente a 270 dólares.

### **6.3 Mantenimiento integral del canal hidráulico rectangular de ensayo.**

Una vez realizado el diagnostico correspondiente al canal hidráulico de ensayo, se procedió a la restauración de averías en dicho equipo. Procediendo al desmontaje de algunos componentes para su debido mantenimiento.

#### **6.3.1 Reparación y mantenimiento a los diferentes tipos de tanques del canal hidráulico.**

##### **6.3.1.1 Tanque cisterna.**

Una vez realizado el desmontaje del tanque cisterna, este fue trasladado al taller de metrología, lugar donde se realizaron las actividades de mantenimiento a dicho tanque el cual consistió:

- Remover el exceso de oxido en la superficie interna del tanque, con ayuda de una amoladora y un disco para pulir, dejando así una superficie meramente libre de oxido.
- Ya teniendo la superficie libre de oxido se le realizo una limpieza con tinner para luego proceder a aplicar una capa de anti gravilla logrando así una adecuada protección de la superficie.
- Limpieza y habilitación de orificios de drenaje que posee el tanque.

A continuación, se muestran las siguientes figuras.



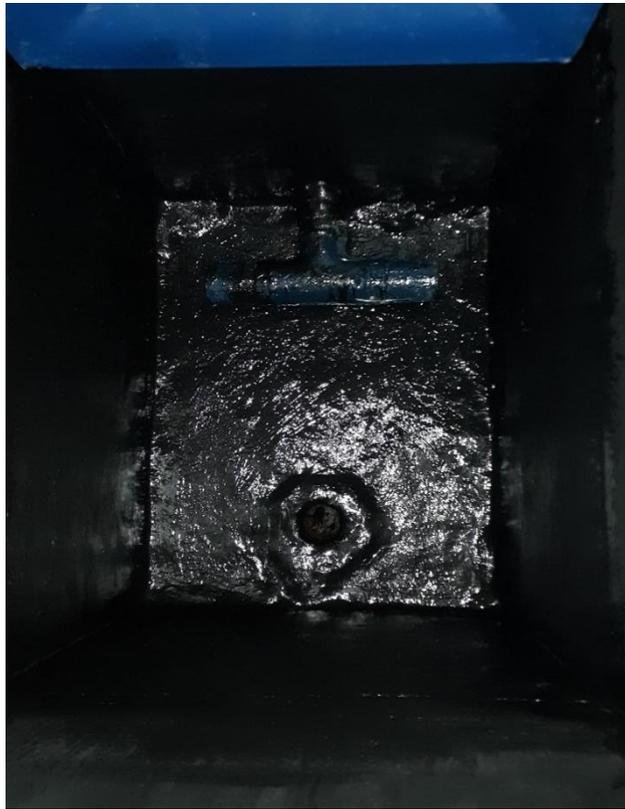
**Figura 29: Aplicación de anti gravilla en el tanque cisterna.**

### 6.3.1.2 Tanque principal.

Este tanque presentaba un alto grado de corrosión en la parte interna, lo cual provocaba que al llenar ese tanque a cierto nivel comenzaba a fugar agua por lo que se procedió a realizar una limpieza extrema para eliminar el óxido, luego se limpió la superficie con tinner, la solución más adecuada que le dimos fue de aplicarle fibra de vidrio en la parte interna, de igual manera se le aplico una capa de anti gravilla para obtener una superficie mucho más resistente a la corrosión y ya de ultimo se le aplico una pasada de pintura especial epoxica. Dándole así solución a la fuga que presentaba este tanque. A continuación, se presentará las siguientes figuras que representa el proceso de trabajo realizado a este tanque.



**Figura 30: Aplicación de la fibra de vidrio.**



**Figura 31: Aplicación de anti gravilla**



**Figura 32: aplicación de la pintura epoxica en el tanque.**

### 6.3.1.3 Tanque pesador.

Una vez que se realizó el debido desmontaje del tanque, este fue trasladado hacia el taller de tribología para realizar su debido mantenimiento, comenzando así aplicando removedor de pintura tanto en el exterior, como en el interior del tanque. Ya realizado este proceso nos percatamos que en el interior del tanque específicamente en la parte del fondo de este mismo se encontró un alto grado de deterioro de la lámina, obligándonos así a realizar el corte de la lámina dañada para luego adaptar una platina.

Ya instalada la platina se procedió aplicar en el interior del tanque, lo que es la fibra de vidrio y la capa de anti gravilla para lograr una superficie resistente. A continuación, se muestran las siguientes figuras.



**Figura 33: Avería encontrada en el tanque pesador.**



**Figura 34: Aplicación de fibra de vidrio y anti gravilla.**

#### 6.3.1.4 Descarga de agua principal

En esta parte de la descarga el ducto contiene en la parte superior del mismo un anillo de cuello, el cual se encontraba en mal estado por ende se procedió a realizar el cambio de dicho anillo. A continuación, se muestra en la siguiente figura.



Figura 35: Anillo de cuello.

#### 6.3.1.5 Empaque de retención del agua.

Este componente presentaba daños debido a su uso por largos tiempo unas de los problemas que presentaba era picaduras las cuales no permitían realizar su trabajo a cómo debería de ser, a continuación, se muestra la siguiente figura.



Figura 36: Empaque de retención.

### **6.3.1.6 Ductos auxiliares de descarga de agua.**

En esta parte el daño era sumamente grave ya que tenía un alto nivel de corrosión, la cual la única solución era cortar la parte dañada y acoplarle una tubería nueva con el mismo diámetro y longitud por medio de soldadura de arco eléctrico. A continuación, se muestra en la figura la parte del ducto adaptado.



**Figura 37: Reemplazo de ducto dañado del desagüe secundario.**

### **6.3.2 Acrílico. “Polímero termoplástico transparente”.**

Bueno el problema a resolver en esta parte era de eliminar rallones, lograr una visibilidad adecuada y eliminar pequeñas filtraciones.

Para la eliminación de rallones se realizó a aplicación de lijas de agua N°220 Y N°400 en todas las paredes del acrílico en la parte interna y de forma simétrica.

Luego se le aplico otras dos numeraciones de lijas de agua, pero esta vez más finas, para así lograr un acabado mucho mejor, tanto interno como externo, la numeración de lijas fueron N°1000 Y N°2000.

Y por último se le aplico una crema llamada polísh que es para proporcionar un brillo adecuado al acrílico, cabe recalcar que este proceso fue realizado a mano.

Ya para culminar se le aplico en las uniones del acrílico. Una mezcla de viruta de acrílico con cloroformo para así obtener un buen sellado y evitar las fugas de agua. A continuación, se muestra en la siguiente figura de como quedo el acrílico.



**Figura 38: Acabado superficial del acrílico, vista posterior.**

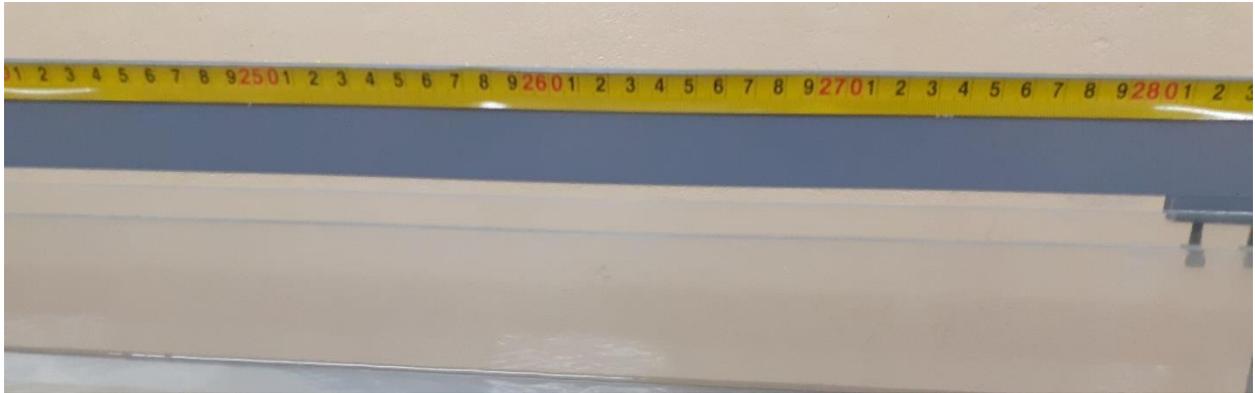


**Figura 39: Acabado superficial del acrílico, vista frontal.**

### 6.3.3 Accesorio del canal hidráulico.

#### 6.3.3.1 Flexómetro

En esta parte lo que se realizó fue la adaptación y cambio del flexómetro, poniendo uno en la parte del frente y uno en la parte posterior. A continuación, se muestra la siguiente figura.



**Figura 40: flexómetro, parte frontal del canal.**



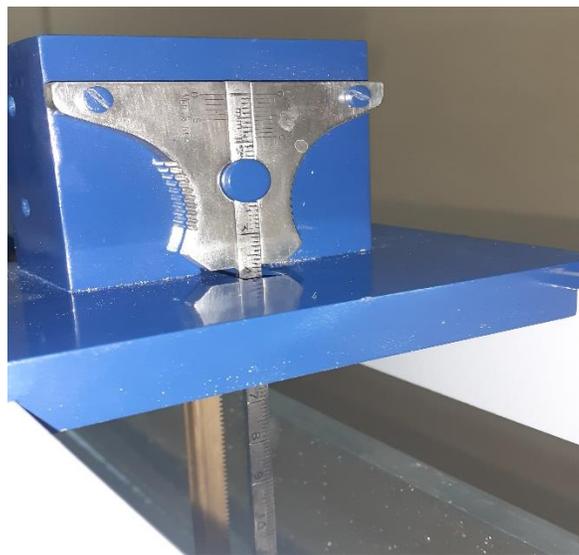
**Figura 41: Flexómetro, parte posterior del canal.**

### 6.3.3.2 Hidrómetro “limnimetro”.

Para lograr la restauración de este elemento, fue necesario su debido desmontaje de cada uno de sus componentes para facilitar el trabajo, ya realizado este paso se procedió a remover lo que es el óxido encontrado en el metal con ayuda de un cepillo de alambre adaptado a un taladro, luego se realizó la recuperación de la graduación de cada una de las reglas esto fue posible con ayuda de una herramienta eléctrica llamada dremel, ya por último se realizó el proceso de pintado a los componentes correspondientes. A continuación, se muestran las siguientes figuras.



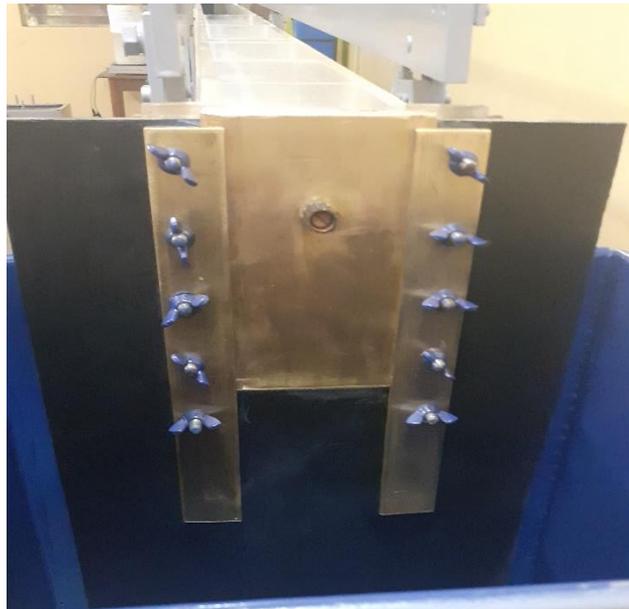
**Figura 42: Despiece del hidrómetro.**



**Figura 43: Hidrómetro en buen estado.**

### 6.3.3.3 Compuerta de caudal.

A este componente se le realizó el desmontaje de cada uno de sus elementos para su debido mantenimiento, el cual consistió en la eliminación de oxido en los elementos metálicos y la recuperación del color original de la compuerta a base del método de lijado, una vez ya realizado todo este proceso se realizó su debido montaje y asegurando un apriete adecuado de los pernos que sujetan dicha compuerta para evitar que se desplace sin ser manipulada. En la siguiente figura se observará el estado en que se dejó la compuerta.



**Figura 44: Estado final de la compuerta de caudal.**

### **6.3.4 Sistema eléctrico y mecánico.**

#### **6.3.4.1 Sistema eléctrico.**

##### **Sistema de arranque manual del motor.**

Este elemento se encontraba fuera de servicio, realizamos las debidas revisiones para saber que fallas encontraba este elemento, y resultado que este dispositivo se encontraba en buen estado.

llegamos a la conclusión que las causa que hacían que no funcionara, era que las conexiones estaban mal realizadas, la cual no permitía que se energizara la parte de mando en este caso el sistema de start y stop. Luego de esto se realizó una limpieza general al dispositivo aplicando un líquido especial llamado limpia contacto que es para sistemas eléctricos. A continuación, se muestra la siguiente figura.



**Figura 45: Sistema de arranque manual del motor.**



**Figura 46: Sistema eléctrico del canal hidráulico.**

#### **6.3.4.2 Electrobomba.**

Este dispositivo no presentaba ninguna avería, pero si se realizó su debido chequeo y limpieza para cumplir con el protocolo de mantenimiento.

### 6.3.4.3 Válvula de compuerta de cuña sólida.

Se realizó el desmontaje total de la válvula para realizar el cambio de empaque dañado, el remplazo de este consistió en cortar un pequeño hilo de algodón (mecha de lampazo) y mezclarla con grafito formando así un hilo grafitado, esto impedirá el paso de agua logrando eliminar la fuga de agua que tenía, ya hecho este proceso se realizó el lijado de la válvula dejándola con una buena presentación estética. A continuación, se muestra las siguientes figuras.



**Figura 47: Aplicación del empaque grafitado a la válvula.**



**Figura 48: Válvula reguladora de caudal ya instalada.**

### 6.3.5 Proceso de pintado del canal hidráulico.

Una vez ya realizado el mantenimiento a cada uno de los componentes se procedió al proceso de pintado. Aplicando los siguientes pasos.

- Preparación de la superficie, empapelamiento del acrílico y otro accesorio.
- Lijado de la superficie de cada una de los elementos, se aplicó, lija N°180.
- Aplicación de la pintura base.
- Aplicación de la pintura final.

A continuación, se mostrarán las siguientes figuras que representan el proceso de pintado.



**Figura 49: Aplicación de pintura base a la estructura del canal hidráulico**



**Figura 50: Aplicación de pintura base a los diferentes tanques y accesorios.**



**Figura 51: Aplicación de pintura final, color azul.**



**Figura 52: Aplicación de pintura final, color gris.**

### **6.3.6 Montaje total del canal hidráulico.**

Una vez ya terminado todo el proceso de pintado, se procedió a realizar el montaje de todos los componentes del canal hidráulico para luego poner a prueba dicha máquina. A continuación, se mostrará el canal hidráulico ya con su debido montaje.



**Figura 53: Canal hidráulica con su debido montaje.**



**Figura 54: Canal hidráulico con su debido montaje.**

### 6.3.7 Volante de inclinación del canal.

A este componente lo que se le realizó fue poner las señalizaciones correspondientes que indican el sentido de giro, ya sea para aumentar o disminuir el ángulo de inclinación del canal, la graduación en la volante representa un ángulo de inclinación



Figura 55: Graduación de la volante.



Figura 56: Indicación de giro de la volante.

## **6.4 Entrega del canal hidráulico y realización de pruebas del equipo.**

### **6.4.1 Pruebas funcionales del equipo.**

Una vez realizado la restauración y mantenimiento del canal hidráulico, este fue sometido a unas series de pruebas para garantizar así que el equipó se encuentra en óptimas condiciones para su debido uso en las practicas impartidas en el laboratorio de hidráulica

La prueba realizada consistió en poner en marcha el equipo, iniciando así un recorrido alrededor del canal para ir analizando y observando cada uno de los puntos de la máquina que se restauró con el objetivo de ir descartando posibles fallas. En este recorrido las autoridades encargadas del laboratorio a quienes se le realizo la entrega del equipo, hicieron una rigurosa inspección en las partes del canal que fueron sometida a mantenimiento.

Durante las pruebas hechas, el equipo no presento ninguna falla, entregado así el canal hidráulico en óptimas condiciones para su respectivo uso en el laboratorio. A continuación, se muestra la siguiente figura.



**Figura 57: Entrega y realización de prueba del canal hidráulico.**

## 6.5 Mantenimiento preventivo del canal hidráulico.

Tabla No. 6: ficha técnica del canal hidráulico.

Tipo	Canal Hidráulico
Marca:	tecquipment
Modelo:	-
Año:	-
Serial:	1112116

MÁQUINA: Canal Hidráulico	FABRICANTE: Tecquipment	MODELO: -	CÓDIGO AVM: BPR- CH-01
---------------------------	-------------------------	-----------	------------------------

TIPO DE INSPECCIÓN:	ELÉCTRICA					FRECUENCIA:				semestral
ESTADO: B: BUENO R: REGULAR M: MALO	ASIGNADA POR:					ASIGNADA A:				FECHA D/M/A:
ELEMENTO ELECTRICO	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		FRECUENCIA semestral		OBSERVACIONES
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO	
<b>BOTONERA Y BREAKER</b>										
Se Verifico el Estado de contactores, interruptores, relés, Fusibles y cableado eléctrico.		X		X		X		X		El estado de estos componentes era regular. Él problema que presentaron fueron malas conexiones entre ellas las que no permitían el buen funcionamiento.
Se visualizo el correcto funcionamiento de los interruptores de Parada del motor principal.		X		X		X		X		La distribución del cableado en el circuito no era la adecuada debido a esto no funcionaba.
Se realizo la revisión que el motor principal no presente ruidos, Vibraciones y recalentamiento anormales.	X		X				X	X		El motor no presentaba comportamientos anormales.
Medir y registrar el valor de la corriente de consumo del Motor principal.	X		X				X	X		Sin observaciones.
<b>ELECTRO BOMBA</b>										
Lubricación de cojinetes		X	X				X	X		Monitorizar la temperatura de los cojinetes. Para evitar recalentamiento.
Inspeccionar el sello mecánico y embalaje		X	X				X	X		Monitorear que los sellos mecánicos no presenten averías.
Limpiar los filtros		X	X				X	X		Examinar y limpiar los filtros.

<b>MÁQUINA: CANAL HIDRAULICO</b>		<b>FABRICANTE: TECQUIPMENT</b>						<b>MODELO: -</b>		<b>CÓDIGO AVM: CH</b>			
<b>TIPO DE INSPECCIÓN: MECANICA</b>				<b>FRECUENCIA: SEMESTRAL</b>									
<b>ESTADO: B: BUENO R: REGULAR M: MALO</b>		<b>ASIGNADA POR:</b>								<b>ASIGNADA A:</b>		<b>FECHA D/M/A:</b>	
<b>ELEMENTO MECANICO</b>	<b>EQUIPO EN MOVIMIENTO</b>		<b>ESTADO</b>			<b>SE CORRIGIO</b>		<b>FRECUENCIA TRIMESTRAL</b>		<b>FRECUENCIA SEMESTRAL</b>		<b>OBSERVACIONES</b>	
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO				
<b>Acrílico "polímero termoplástico transparente"</b>													
Mantenimiento del acrílico		X		X		X				X		Aplicar lijas de agua con numeración 1000 y 2000, para lograr tener una buena superficie y por último aplicar polish con un trapo de algodón para obtener la superficie limpia y transparente.	
<b>Válvula de compuerta de cuña</b>													
Verificar que el sistema de la válvula de compuerta de cuña no presente fugas.		X		X		X				X		Revisar que el empaque este en buena condición, por medio de pruebas variando el caudal del fluido.	
Realizar Cambio de empaquetadura.		X		X		X				X		Sin observación.	

# PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE INSPECCION ELECTRICA Y MECANICA DEL CANAL HIDRAULICO

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO

CÓDIGO AVM: CH	EQUIPO CANAL HIDRAULICO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	MES,01	MES,02	MES,03	MES,04	MES,05	MES,06	MES,07	MES,08	MES,09	MES,10	MES,11	MES,12
				E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		Mantenimiento mecánico.	semestral												
		Mantenimiento eléctrico.	semestral												

## **VII. Conclusiones y Recomendaciones.**

### **7.1 Conclusiones**

- Se logra la restauración total del canal hidráulico tecquipment ref.1112116 perteneciente al laboratorio del Departamento de Hidráulica y Medio Ambiente de la Facultad de Tecnología de la Construcción.
  
- Se logró realizar el diagnóstico del equipo mediante una inspección exhaustiva de todos sus elementos confirmando que algunos de ellos se encontraban en mal estado.
  
- Se contabilizo todo lo invertido para lograr la restauración total del canal hidráulico.
  
- Se efectuó el mantenimiento al canal hidráulico solucionando las averías encontradas en cada uno de los componentes de dicho equipo.
  
- Se realizaron las pruebas de rigor, logrando así garantizar el buen funcionamiento del equipó como tal.
  
- Se logro elaborar el plan de mantenimiento preventivo del equipo.

## 7.2 Recomendaciones

- El canal hidráulico debe de ser operada de manera responsable.
- Si el equipo no estará en uso durante varios días es necesario mantener vacío y seco los diferentes tipos de tanques que almacenan agua.
- De forma general, el equipo debe permanecer limpio en todo momento, por ende, se recomienda realizar limpieza después de cada uso.
- Apegarse al plan de mantenimiento establecido, para así alargar la vida útil del equipo.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

A. Raouf, J. D. (2000). Sistema de Mantenimiento: Planeacion y control.

Armfield. (2020). *tecnoedu.com/Armfield*. Obtenido de <https://armfield.co.uk/>

Bejar, M. (2007). *Hidraulica de canales*. Lima: Villon.

Cadavid, J. (2006). *Fundamento de hidraulica de canales*.

Chow. (1994). *Hidraulica de canales abierto*.

Felices, A. .. (2007). Hidraulica de tubria y canales , Universidad Nacional de Ingenieria , Facultad de ingenieria Civil Peru.

Garrido, S. G. (2010). Organizacion y gestion integral de Mantenimiento.

GUNT. (2020). *GUNT Gerätebau GmbH 2020*. Obtenido de <https://www.gunt.de/en/>

Mataix, C. (1982). *Mecanica de fluido y Maquinas Hidraulicas*.

Mott, R. (1996). Mecanica de fluido 4ta edicion .

Renovatec. (2018). *Tipo de Mantenimiento*. Obtenido de Maite Trijueque - EME DESIGN:  
<http://www.renovetec.com/>

Rodriguez Ruiz, P. (2008). *Hidraulica II*.

Sotelo . Avilas, G. .. (2002). Hidraulica de canales , primera edicion . UNAM Facultad de Ingenieria Mexico DC.

Valle, F. R. (2015). Ingenieria Hidraulica y Ambiental.