

# DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA MEJORA DE LA TINA DE ENSAYOS BALÍSTICOS DEL BANCO DE PRUEBAS DE CHILE

*Fecha de recepción:* 28 de diciembre de 2019.

*Fecha de aceptación:* 28 de febrero de 2020.

MAY. Felipe Rojas Medina<sup>1</sup>

**Resumen:** *el trabajo investigativo realizado, busca dar solución a la problemática que le aqueja a la Tina de Ensayos Balísticos (TEB) del Banco de Pruebas de Chile, ya que en la actualidad presenta rasgos de deterioro y pérdida parcial de funcionalidad de algunos de sus componentes, lo que da señales de la necesidad de realizar un mantenimiento recuperativo mayor, para poder asegurar su disponibilidad en las actividades diarias de control en las que interactúa el activo. Enfocado en la problemática antes descrita el presente trabajo se basa en buscar alternativas, que permitan establecer nuevos parámetros de diseño para tomar las acciones pertinentes para asegurar la funcionalidad de la TEB. El proceso de búsqueda de las alternativas y parámetros técnicos más eficientes, se basó en la aplicación de la metodología TRIZ “Metodología para la resolución de problemas de inventiva”, mediante la cual se orienta la identificación de parámetros de contradicciones técnicas.*

**Palabras clave:** *ensayos balísticos, parámetros, TRIZ, contradicciones técnicas.*

**Abstract:** *the research work carried out, seeks to solve the problem that afflicts the Ballistics Test Tank of the Test Bank of Chile, since it currently has features of deterioration and partial loss of functionality of some of its components, which signals the need to perform a major recovery maintenance, in order to ensure its availability in the daily control activities in which the asset interacts. Focused on the problem described above, this work is based on looking for alternatives that allow establishing new*

---

<sup>1</sup> Ingeniero Politécnico Militar en Sistemas Logísticos, mención Mantenimiento, de la Academia Politécnica Militar del Ejército de Chile, Jefe de la Sección Logística del Centro de Asuntos Antárticos del Ejército de Chile. Punta Arenas, Chile. Email: felipe.rojas@ejercito.cl



*design parameters to take the relevant actions to ensure the functionality of the TEB. The process of searching for the most efficient alternatives and technical parameters was based on the application of the TRIZ methodology "Methodology for solving inventive problems", through which the identification of parameters of technical contradictions is oriented.*

**Keywords:** test bank, parameters, TRIZ, technical contradictions.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Ley N° 17.798 "Control de Armas", le asigna al Banco de Pruebas de Chile (BPCH) la misión de asesoría a la Dirección General de Movilización Nacional (DGMN), a través del Instituto de Investigaciones y Control del Ejército (IDIC), en la determinación de la peligrosidad, estabilidad y calidad de las armas y elementos sometidos a control. En cuanto al material de uso bélico fabricado por las empresas privadas, su peligrosidad, estabilidad y funcionamiento.

Con el objetivo de dar cumplimiento a la ley y con el propósito de poder realizar el control y certificación del armamento que ingresa a nuestro país, el año 2009 el IDIC plantea una mejora en el procedimiento de control, implementando una Tina de Ensayos Balísticos (TEB).

Este activo en la actualidad es utilizado para realizar las pruebas de armamentos y además para realizar la recolección de las huellas balísticas limpias de cada una de las armas que son controladas mediante la Delegación N° 11 "Santiago" del BPCH, perteneciente al IDIC. La TEB presenta un estado de conservación que se ve afectado por rasgos de corrosión, turbiedad del agua en la cual se realiza la prueba entre otros factores sugerentes de ser analizados.

Dentro del contexto que la TEB presenta un estado que da señales sugerentes de la ejecución de un mantenimiento recuperativo mayor, se desarrolla el presente artículo, enfocando el problema de la investigación obtenido mediante la ejecución del diagnóstico inicial del activo como: "Deterioro del equipamiento para la ejecución de las pruebas y certificación del armamento de puño". Dicho equipamiento está representado por el activo denominado: "Tina de Ensayos Balísticos"

Las actividades de investigación y desarrollo de las alternativas para mejorar las condiciones actuales que presenta la TEB se enfocaran desde la perspectiva de la metodología de Resolución de Problemas de Inventiva (TRIZ).<sup>2</sup>

---

2 TRIZ (Teoriya Riesheniya Izobriatelskij Zadach), que es el acrónimo ruso de la Teoría de Resolución de Problemas de Inventiva creada por el ingeniero ruso Genrich Altshuller en 1942. (Oropeza, 2012).

## 2. DESARROLLO

### 2.1. Identificación de los componentes de la TEB del BPCH

La Tina de Ensayo Balísticos se configura mediante siete componentes como un sistema que permite disparar munición, verificar la calidad del arma y recuperar el proyectil disparado, con la finalidad de abordar el presente artículo se identificaron los siguientes componentes que permiten el empleo de la TEB evidenciados en la figura que se muestra a continuación.

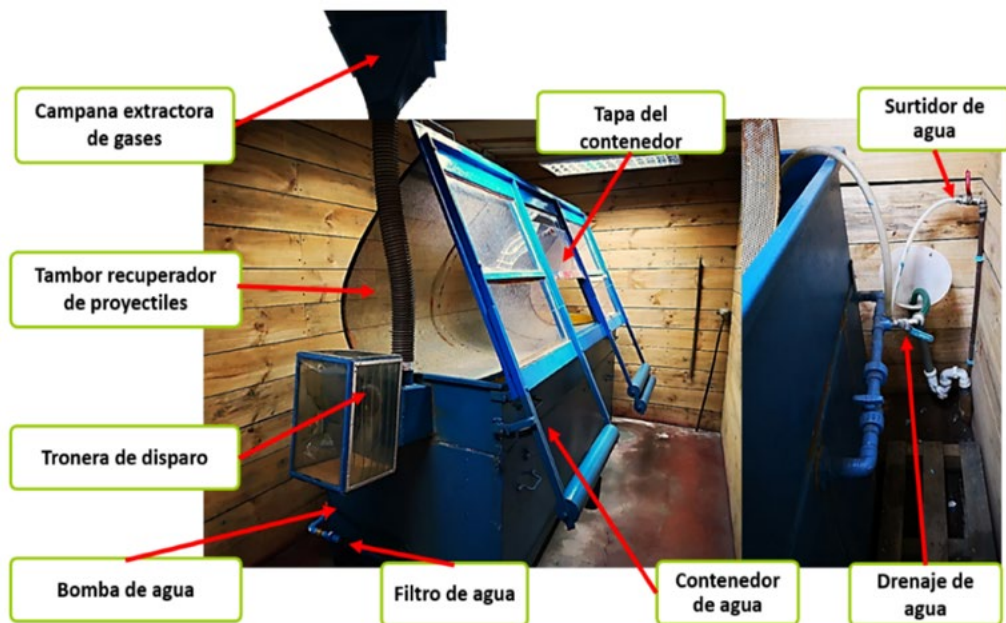


Figura N° 1: "Nomenclatura de la TEB".

Fuente: Elaboración propia.

### 2.2. Análisis de los parámetros que dan cuenta del deterioro del o los componentes de la TEB del BPCH

Una vez que fueron identificados los componentes que presentan deterioro de la función, se debió analizar qué parámetros permitían establecer que efectivamente se trata de una disminución en la capacidad funcional o pasa a una peor condición del activo.

En concordancia a lo señalado anteriormente se analizaron los componentes de la TEB que poseían especificaciones técnicas iniciales comparándolos con su



estado actual, y aquellos componentes que no poseían estado paramétrico inicial por falta de planimetría y cálculos asociados a la creación de la TEB, se estableció un indicador acorde a cada uno de los componentes a ser analizados.

### 2.2.1. Bomba periférica PM45 0,5 HP PENTAX

Con el objetivo de realizar el análisis se consideró que el rendimiento óptimo de la bomba está dado por el caudal de 40 [l/min] estableciéndose un tiempo de drenaje de 51,15 min en drenar los 2.046 [l] del contenedor de agua. En contra parte del drenaje óptimo se utilizó el tiempo obtenido mediante el ensayo experimental de llenado y drenaje del contenedor realizado en la TEB, donde se obtuvo un tiempo de 144 min en drenar los 2.046 [l] lo que mediante la siguiente ecuación nos entrega el caudal real que entrega la bomba de agua:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q: representa el caudal por unidad de tiempo.  $\left[\frac{l}{min}\right]$

V: volumen del líquido del contenedor. [l]

t: unidad de tiempo. [min]

$$Q = \frac{2046 [l]}{144 [min]} = 14,2083 \left[\frac{l}{min}\right]$$

De acuerdo con los cálculos obtenidos del caudal actual que presenta la bomba de agua, se evidencia una disminución de 25,79 [l/min] con respecto al óptimo establecido por el fabricante, esa disminución equivale a un empleo del 35,52% de la capacidad total por lo que se establece que la disminución del desempeño de la bomba de agua queda reflejada en un 64,48%.

### 2.2.2. Contenedor de agua

Para realizar el análisis del estado actual del contenedor de agua en relación a la afectación de la corrosión en la estructura, se realizó un control dimensional, el que consistió en realizar mediciones de aquellos sectores del contenedor que presentaran evidentes rasgos de corrosión en su superficie, lo anterior se llevó a cabo mediante el equipo ultrasonido T-Mike E. Mediante el equipo antes señalado, se obtuvo los espesores que presentan mayor disminución de material, dentro de los cuales el que presenta una mayor disminución corresponde a la pared lateral



derecha del contenedor, donde presenta una zona cuyo espesor se determinó en 2,3 mm. La disminución por efecto de la corrosión se pudo establecer que representa a 0,7 mm menos que el espesor inicial de material, quedando establecida una disminución del 23,33%.

### **2.2.3. Tapa del contenedor de agua**

Para determinar el estado estructural del acero de la tapa de contenedor también se ejecutó el procedimiento de control dimensional de la misma forma que se realizó para el contenedor de agua, donde se pudo obtener que la máxima disminución está representada por 0,4 mm, se estableció que la disminución porcentual del espesor del metal estructural de la tapa del contenedor de agua representa a un 13,33%.

Otro aspecto que se estableció fue el peso total de la tapa del contenedor de agua, el que se calculó de acuerdo al volumen y densidad del acero empleado en la tapa del contenedor, obteniendo un peso de 213 kg, correspondientes al canastillo recuperador más la tapa del contenedor de agua.

### **2.2.4. Filtrado de agua**

La TEB cuando fue diseñada se estableció que con el objetivo de mantener el agua de forma correcta que debía incluir un filtro de malla. La especificación anterior no cumple con la función inicial para la que fue concebida, ya que se instaló un filtro de partículas gruesas, empleado principalmente en actividades de agricultura, dicho filtro no permite reducir las partículas en suspensión ni tampoco realizar los procesos de decantación, recirculado, prefiltrado y filtrado en operación del agua del contenedor.

### **2.2.5. Tambor recuperador de proyectiles**

Este componente se ha visto afectado por impactos de tiros ejecutados por los inspectores cuando no se ha podido establecer un ángulo de disparo adecuado, la imposibilidad de poder determinar dicho ángulo, está reflejada principalmente por la carencia de una posición estandarizada de disparo, es decir, no existe actualmente un componente que permita emplazar el armamento o que le permita al inspector apoyar su mano para poder efectuar las pruebas desde el mismo punto y con la misma inclinación al contenedor de agua desde la tronera, los efectos de la ausencia de una posición de tiro estandarizado se evidencian en la figura N° 2.



Figura N° 2: "Impactos de proyectiles disparados en pruebas de armamento".

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3. Aplicación de la metodología nueve ventanas TRIZ, como herramienta analítica de lo que se pretende mejorar

Antes de realizar la identificación de los parámetros que se desean mejorar, es preciso explicar que la metodología TRIZ, para la aplicación de las mejoras del problema definido, se enfoca en establecer áreas de desarrollo y mejora de aspectos determinados contradicciones técnicas y contradicciones físicas.

	PASADO	PRESENTE	FUTURO
<b>MACROSISTEMA</b> (CONTEXTO DEL SISTEMA)	Ley N° 17.798, asigna la responsabilidad al Banco de Pruebas de Chile la misión de asesoría en la determinación de la peligrosidad, estabilidad y calidad de las armas y elementos sometidos a control. Año 2009 se crea la Tina de Ensayo Balísticos para dar cumplimiento a la recuperación de la huella balística limpia.	Importadores demandan al Banco de Pruebas de Chile el control del armamento que recae por ley, la huella balística es recolectada en formato físico y archivada para su análisis según requerimiento de tribunales o policías.	Adaptabilidad al aumento de la demanda de control de armamento dado por el aumento de importaciones y por la digitalización de las huellas balísticas limpias de cada armamento.





	PASADO	PRESENTE	FUTURO
SISTEMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material del contenedor propenso a la corrosión por mal tratamiento de superficie.</li> <li>• Recuperación de los proyectiles acorde a la demanda de armamento a controlar.</li> <li>• Escasa necesidad de cambiar agua, ya que no se evidenciaba turbiedad.</li> </ul>	<p>Contenedor de agua corroído, lento llenado del contenedor de agua, lento drenaje del contenedor de agua, excesivo peso del mecanismo de recuperación de proyectiles, ausencia de una posición de disparo.</p>	<p>Contenedor de agua que presente mejor desempeño en su llenado y vaciado, a su vez que se componga de un material que sea resistente a la corrosión. El equipamiento presentará una velocidad mayor en la recuperación de la munición y una estandarización de la posición de disparo, la que permitirá generar pruebas más seguras y con una mayor velocidad de ejecución.</p>
SUBSISTEMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenedor de agua.</li> <li>• Tambor recuperador de proyectiles.</li> <li>• Tapa del contenedor con ventanas acrílicas.</li> <li>• Tronera de disparo del armamento.</li> <li>• Extractor de gases.</li> <li>• Surtidor de agua.</li> <li>• Drenaje de agua.</li> <li>• Filtrado de agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenedor de agua.</li> <li>• Tambor recuperador de proyectiles.</li> <li>• Tapa del contenedor con ventanas acrílicas.</li> <li>• Tronera de disparo del armamento.</li> <li>• Surtidor de agua.</li> <li>• Drenaje de agua.</li> <li>• Filtrado de agua.</li> </ul>	<p>Sistema de recuperación de proyectiles más célere.</p> <p>Sistema de filtrado de partículas para el agua, que permita mantener el fluido por al menos 3 semanas sin realizar cambios de este. Mejorar la ergonomía de la tronera de disparo la que permita interactuar con personas de distinta altura en el momento de realizar los controles.</p> <p>Sistema automatizado de llenado y drenaje de agua, mejorando los caudales respectivos.</p>

Figura N° 3: "Diagrama de las nueve ventanas aplicadas al problema: Deterioro del equipamiento para la ejecución de las pruebas y certificación del armamento de puño (TEB)".

Fuente: Elaboración propia.

La Figura N° 3, muestra el diagrama de las nueve ventanas. Como lo establece Valenciano (2014), en el eje horizontal se representa el tiempo, la parte central el tiempo actual, el pasado a la izquierda y el futuro a la derecha. El eje vertical representa la jerarquía del problema, el centro es el sistema técnico que desempeña alguna función, el nivel inferior es su composición o soporte del sistema para que lleve a cabo su función (el subsistema) y el nivel superior es el contexto donde se encuentra inmerso el sistema (supersistema).



Luego de aplicada la herramienta de las 9 ventanas, es factible establecer que es lo que se pretende para dar solución al problema va enfocado en la mejora de los parámetros existentes de la TEB, orientando las mejoras con respecto a los siguientes puntos:

- a) Desde el punto de vista del sistema las mejoras a realizar son las siguientes:
  - Contenedor de agua que presente mejor desempeño en su llenado y vaciado, a su vez que se componga de un material que sea resistente a la corrosión.
  - El equipamiento deberá presentar una velocidad mayor en la recuperación de la munición y una estandarización de la posición de disparo, la que permitirá generar pruebas más seguras y con una mayor velocidad de ejecución.
  
- b) Desde el punto de vista de los subsistemas las mejoras a realizar son las siguientes:
  - Sistema de recuperación de proyectiles más célere.
  - Sistema de filtrado de partículas para el agua, que permita mantener el fluido por al menos 3 semanas sin realizar cambios de este.
  - Mejorar la ergonomía de la tronera de disparo la que permita interactuar con personas de distinta altura en el momento de realizar los controles, manteniendo un ángulo de disparo constante.
  - Sistema automatizado de llenado y drenaje de agua, mejorando los caudales respectivos.

#### **2.4. Identificación de las contradicciones técnicas y físicas para la mejora de los parámetros de diseño de los componentes de la TEB**

El paso siguiente luego de idealizar una posible solución orientado por el análisis de los parámetros que dan cuenta del deterioro de los componentes de la TEB y la aplicación de las nueve ventanas como herramienta analítica, corresponde a la determinación de las contradicciones técnicas y físicas del o los componentes que se desean mejorar.

Con la finalidad de realizar la determinación de las contradicciones encuadradas en los 39 parámetros, el trabajo de identificación se realizó orientado a cada componente que es sugerente de mejora, estableciéndose los distintos parámetros que mejoran en contraste con los parámetros que empeoran, de esta forma se establecen las contradicciones técnicas para poder aplicar la matriz de contradicciones TRIZ, de acuerdo a lo anterior se pudo establecer las siguientes interacciones segmentadas por cada componente:





### 2.4.1. Contenedor de agua

En la interacción de los parámetros para el contenedor de agua, se optó por el parámetro 31 “Daños generados por el propio objeto”, el que es definido por la metodología TRIZ como los daños producidos durante la operación de un objeto, un sistema o los subsistemas que lo integran. Se seleccionó este parámetro a mejorar ya que al realizar los controles dimensionales del contenedor se evidenció pérdida de material del contenedor. Causado por un mal tratamiento de la superficie del acero, lo que con el correr el tiempo de operación del activo ha permitido que se genere un alto grado de corrosión al interior del contenedor de agua.

En su contra parte se estableció el parámetro 26 “Cantidad de sustancia o de materia” que es la cantidad de sustancia que contiene un objeto, un sistema o los subsistemas que lo integran y que puede cambiar totalmente de manera temporal o definitiva. Se seleccionó este parámetro ya que al establecer una disminución en la pérdida de la materia inversamente aumentará la cantidad de material que compone el contenedor de agua de la TEB.

### 2.4.2. Filtro de agua

En la interacción de los parámetros para la mejora del sistema de filtrados se seleccionó el parámetro 27 “Confiabilidad”, el cual es definido por Altshuller como la seguridad de la habilidad que tiene un sistema para llevar a cabo la función para la cual fue diseñado, de una manera óptima, ya que en la génesis de la TEB se planteó que un filtro de partículas gruesas serviría para mantener el agua del contenedor en óptimas condiciones para realizar la prueba de ensayos balísticos, omitiendo con esto la posibilidad de que se generaran partículas finas que se producen al realizar la prueba y por la mala acción de tratamiento de la superficie metálica.

En su contra parte se estableció que, si aumentamos la confiabilidad de filtrado cambiando la tecnología para realizar esta acción, aumentaría el parámetro 37 “Complejidad de control”, la que fue definida como: Grado de dificultad con que se puede controlar la operación de un objeto o un sistema, debido a la complejidad e interrelación de sus componentes.

### 2.4.3. Bomba periférica

Se establece que el parámetro para la mejora del componente en el cual se debía encuadrar según la metodología de TRIZ, corresponde al parámetro 9 “Velocidad”, definido por el autor como: “velocidad a que se lleva a cabo un proceso o cualquier tipo de acción que involucra a un sistema tecnológico”. Este encuadramiento se establece ya que se desea mejorar la velocidad con la cual la bomba expulsa el agua desde el contenedor de agua.



En su contraparte el parámetro que empeora, se definió como el parámetro 19 “Uso energético del objeto en movimiento”, establecido por el autor como: energía requerida, por el objeto, en movimiento, para llevar a cabo una acción determinada. También, capacidad para llevar a cabo un trabajo determinado. La selección de este parámetro está dada debido a que, al requerir una mayor velocidad de funcionamiento de un sistema, este demandará un mayor gasto energético para poder aumentar sus prestaciones técnicas.

#### **2.4.4. Tambor recuperador de proyectiles y tapa del contenedor**

Se ha seleccionado la interacción en donde se establece que el parámetro a mejorar corresponde al parámetro 2, definido por Altshuller como: “Peso del objeto estacionario” el que corresponde a la masa del objeto estático ya que se busca disminuir el peso que presenta la tapa del contenedor en conjunto con el tambor recuperador, el que se estableció en un peso total de 213 kg, el cual debe ser levantado por dos inspectores (procedimiento óptimo) para poder recuperar los proyectiles disparados.

En su contra parte se seleccionó el parámetro 13 “Estabilidad de la composición del objeto”, definido como: integridad del objeto o sistema. Relación entre los distintos constituyentes de un objeto. Un incremento en la entropía (desorden) del objeto o del sistema, representa una pérdida de estabilidad. Se seleccionó este parámetro ya que, para realizar ajustes en el peso de los componentes analizados, se deberá establecer una nueva relación funcional, con nuevos materiales o distinta configuración de los mismos, lo que puede ser objeto de una pérdida de estabilidad inicial por parte de un nuevo diseño.

#### **2.4.5. Tronera de disparo**

Para la mejora de la tronera de disparo se ha establecido como parámetro de mejora al parámetro 35 “Adaptabilidad”, el que es definido en la metodología TRIZ como la flexibilidad con que un objeto o un sistema puede responder a cambios externos. Lo anterior busca mejorar la variabilidad que se produce en los disparos ejecutados por los inspectores en cada una de las pruebas, los que ejecutan los tiros a pulso sin una posición fija, influyendo en cada disparo factores antropométricos de los inspectores. Por lo tanto, con la selección de este parámetro se busca establecer una solución efectiva a la variabilidad.

En su contra posición se ha seleccionado el parámetro 12 “Forma” definido como el contorno externo de un objeto o apariencia de un sistema tecnológico. Se busca centrar la interacción de estos dos parámetros en mejorar la variabilidad de los disparos



tratando de influir en la menor medida posible en la forma y tamaño de la tronera de disparo, para tratar en lo posible de ejecutar una solución lo más eficiente posible de acuerdo al diseño original asignado para la tronera de disparo.

## 2.5. Selección de los principios de inventiva que permita implementar mejoras de los parámetros de diseño de la TEB

Una vez que se identificaron las interacciones de los componentes, se dio pie a la determinación de los parámetros de inventiva que representarán la solución basal para la problemática planteada. Según lo que plantea la metodología TRIZ establecida por “Genrich Altshuller”, los parámetros establecidos en contradicciones son factibles de comparar entre sí, mediante una matriz de contradicciones. Técnicamente la metodología establece que al intentar mejorar un parámetro de un sistema surge necesariamente un parámetro que se le contrapona a su mejora, para lo anterior es que Altshuller estableció una matriz de contradicciones en donde se busca establecer los principios de inventiva necesarios para la solución de la problemática en cuestión.

La aplicación de la matriz consiste en buscar Match (coordenada de coincidencia en la matriz) entre el parámetro que mejora, el que se ubica en la primera columna de la matriz y el parámetro que empeora, el que se ubica en la primera fila de la matriz. Al establecer un match, la matriz nos arrojará una combinación de posibles principios a aplicar para la resolución del problema establecido.

### 2.5.1. Aplicación de la matriz de contradicciones TRIZ

Para una mayor comprensión y facilidad para entender el proceso se decidió codificar cada solución de la siguiente manera:

**CT 1:** contradicción técnica N° 1.

**(x) (y):** parámetros para la ejecución de las contradicciones técnicas donde la columna (x) representa el parámetro que mejora e (y) el parámetro que empeora.

**a, b, c, d:** representa a las posibles soluciones representadas por los 40 principios de inventiva de Altshuller.

CONTRADICCIÓN N°	PARÁMETROS DE CONTRADICCIÓN		SOLUCIONES PROPUESTAS POR LA MATRIZ DE CONTRADICCIÓNES DE ALTSULLER			
	(x)	(y)	a	b	c	d
CT1	31	26	3	24	39	1
CT2	27	37	27	40	28	-.-



CONTRADICCIÓN N°	PARÁMETROS DE CONTRADICCIÓN		SOLUCIONES PROPUESTAS POR LA MATRIZ DE CONTRADICCIÓNES DE ALTSHULLER			
CT3	9	19	8	15	35	38
CT4	2	13	26	39	1	40
CT5	9	14	8	3	26	14
CT6	35	12	15	37	1	8

Tabla N° 1: “Tabulación para la aplicación de la matriz TRIZ”.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla N° 1 representa la aplicación de la matriz de contradicciones de Altshuller en la cual se pudo establecer distintos principios (de un total de 40) de inventiva sugeridos por la metodología TRIZ para afrontar las contradicciones identificadas, a continuación se establecen las respectivas contradicciones con su principio de inventiva seleccionado (números que se encuentran en rojo), en forma conceptual.

### 2.5.2. Principios seleccionados de acuerdo a la aplicación de la matriz de contradicciones para cada CT

#### CT1, Principio N° 39 “Atmósfera inerte” (ambiente inerte)

Reemplace un ambiente normal con uno inerte. Agregue partes neutras o los aditivos inertes a un objeto o sistema.

#### CT2, Principio N° 40 “Materiales compuestos”

Cambie del uniforme al compuesto (múltiple) los materiales y sistemas.

#### CT3, Principio N° 15 “Partes dinámicas”

Permitir (o diseñar) a las características de un objeto, al ambiente externo, al proceso o sistema el cambiar para ser óptimo o encontrar una condición de operación óptima. Dividir un objeto o sistema en partes capaces de tener movimiento relativo entre ellos. Si un objeto (o proceso o sistema) es rígido o flexible, hacerlo movable o adaptable.

#### CT4, Principio N° 1 “Segmentación” (fragmentación)

Transición de micronivel. Dividir un objeto o un sistema en partes independientes. Hacer de un objeto fácil de desarmar. Incrementar el grado de fragmentación o segmentación.

#### CT5, Principio N° 3 “Calidad local”

Cambiar la estructura de un objeto o de un ambiente externo (o la influencia externa) de tal manera que el objeto tenga diferentes tipos o influencias en diferentes lugares



o situaciones. Haga cada parte de un objeto o la función de un sistema en condiciones más satisfactorias para su operación. Haga que cada parte del objeto llene una función diferente y útil.

### **CT6, Principio N° 15 “Partes dinámicas”**

Permitir (o diseñar) a las características de un objeto, al ambiente externo, al proceso o sistema el cambiar para ser óptimo o encontrar una condición de operación óptima. Dividir un objeto o sistema en partes capaces de tener movimiento relativo entre ellos. Si un objeto (o proceso o sistema) es rígido o flexible, hacerlo movable o adaptable.

## **2.6. Identificación de las alternativas técnicas que permita aplicar soluciones de acuerdo a los principios de inventiva establecidos**

### **2.6.1. Contenedor de agua de la TEB**

Luego de realizar el análisis de los parámetros que dan cuenta del deterioro de la TEB se estableció que la superficie de acero que compone la estructura del contenedor se encontraba afectada por la corrosión causada por un mal tratamiento de la superficie, lo que con el paso del tiempo ha causado que algunos sectores del contenedor hayan disminuido su espesor en hasta del 23,33% de su espesor inicial. De acuerdo a la CT1, fue factible determinar que se debe aplicar el principio de inventiva N° 39 “Atmósfera inerte”, para aplicar una solución factible a este principio se decidió establecer un tratamiento de la superficie total del contenedor, sometiendo la estructura a un proceso de detención de la corrosión mediante un imprimante compuesto por ácido tánico y ácido fosfórico, según lo señala el Instituto Canadiense de Conservación (Instituto Canadiense de Conservación, 2014):

*“El ácido tánico es un ácido orgánico complejo que se encuentra en la mayoría de las plantas. Habitualmente se identifica cada compuesto por la especie de planta de la cual proviene. Al ponerlo sobre hierro, el ácido tánico reacciona con este formando tanato férrico, una película protectora de color negro azulado cuyo grado de protección se puede controlar en cierta medida según el método de aplicación. En el corto plazo, este revestimiento inhibe la reacción de las zonas más susceptibles frente al vapor de agua. Además, mejora la apariencia de un objeto pues permite un acabado uniforme”.*

El imprimante una vez aplicado a la superficie corroída y realizada la reacción tras 24 horas desde su aplicación, se deberá cubrir con pintura epóxica, la cual actuará como agente recubridor de la superficie tratada.



## 2.6.2. Sistema de filtrado, bomba de agua y sistema de drenaje

La solución planteada de acuerdo con los principios obtenidos N° 40 "Materiales compuestos" y N° 15 "Partes dinámicas", se abordó en forma conjunta ya que la alternativa de mejora pasa por una interacción del proceso de filtrado en relación con la bomba de agua, por lo tanto, la solución de parámetros para los componentes antes mencionados se estableció en base a la implementación de una bomba hidráulica con autocebado y filtro incorporado en ella.

La ventaja comparativa del sistema propuesto recae, en el aumento del caudal de circulación del fluido estableciéndose las siguientes diferencias al compararlas con el sistema de bomba y drenaje existente (Figura N° 4).

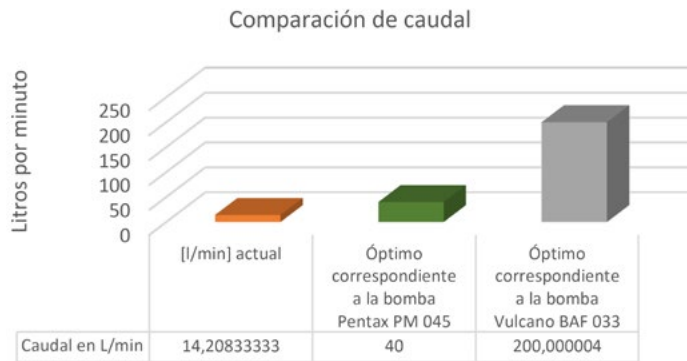


Figura N° 4: "Comparación de caudales correspondiente a la bomba actual de la TEB Pentax PM45 versus alternativa de mejora correspondiente a la bomba Vulcano BAF 033".

Fuente: Elaboración propia.

Otras de las ventajas comparativas que presenta la alternativa propuesta, recae en la posibilidad que presenta la bomba de realizar el filtrado de partículas finas mediante un filtro cilíndrico de papel filtrante incorporado. Esta característica facilita la operación del filtrado, ya que el mantenimiento se puede realizar a nivel usuario, extrayendo manualmente el filtro para su limpieza.

## 2.6.3. Tambor recuperador de proyectiles y tapa del contenedor

De acuerdo a los nuevos parámetros planteados, el tambor recuperador será remplazado por el canasto receptor de tiros el que se ha diseñado pensando en la utilización de las láminas de acero inoxidable de 2 mm de espesor, tipo 304 perforadas circularmente en forma cruzada, con perforaciones de 2 mm de diámetro la que constituye el mismo material del tambor



actual, el cual se encuentra en óptimo estado de uso, la estructura del nuevo modelo quedan establecido mediante la figura 5, el cual deberá ser construida de acero inoxidable 304 de 3 mm de espesor, estableciendo una inclinación del receptor representa a 15° de depresión.

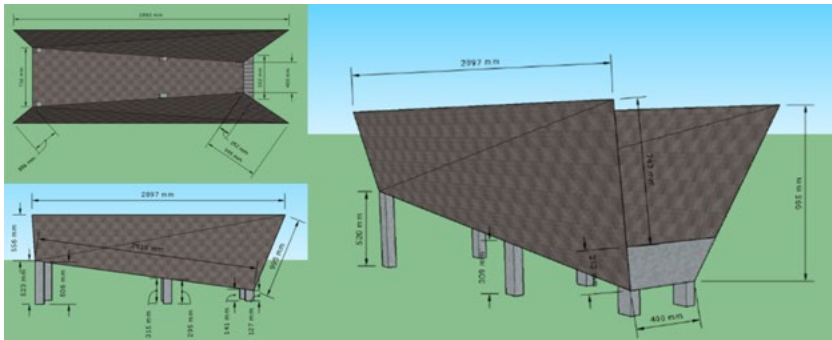


Figura N° 5: "Esquema del nuevo canasto receptor de tiros".

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la tapa del contenedor de agua se separó del receptor de proyectiles, quedando estructurada para su apertura en caso de ser necesario, pero el acceso principal para la recuperación queda establecido por dos ventanas acrílicas transparentes abatibles manualmente para la recuperación de los proyectiles disparados. El material que se propone para la nueva tapa corresponde a acero inoxidable 304 fabricado bajo norma ASTM A240 de 2 mm de espesor para las ventanas de recuperación se recomienda acrílico transparente de 5 mm, por otra parte, se establece un pistón de empuje (se puede apreciar mediante la figura N° 6), para compensar el peso de apertura de la tapa del contenedor y de esa forma facilitar el movimiento de levante de la tapa por parte del inspector que ejecuta la prueba.

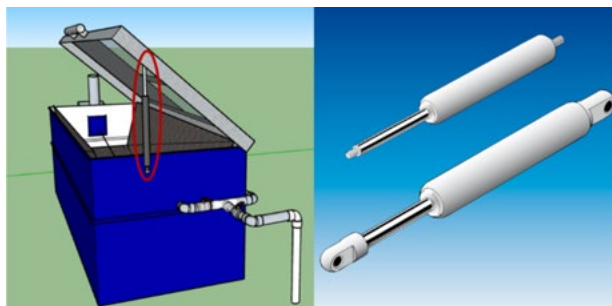


Figura N° 6: "Bosquejo de ubicación y tipo de pistón de gas para la apertura de la tapa del contenedor".

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al tipo de pistón que se deberá utilizar, se propone un pistón a gas, que tenga como recorrido máximo de apertura 700 mm, capaz de ejercer una fuerza de levante en un rango de 1.865 [N] a 2.000 [N].



A continuación, se presentan un esquema general de la tapa del contenedor de agua, de acuerdo con los nuevos parámetros determinados, para una mejor comprensión se elaboraron tres vistas con dimensionado, de acuerdo a lo siguiente:

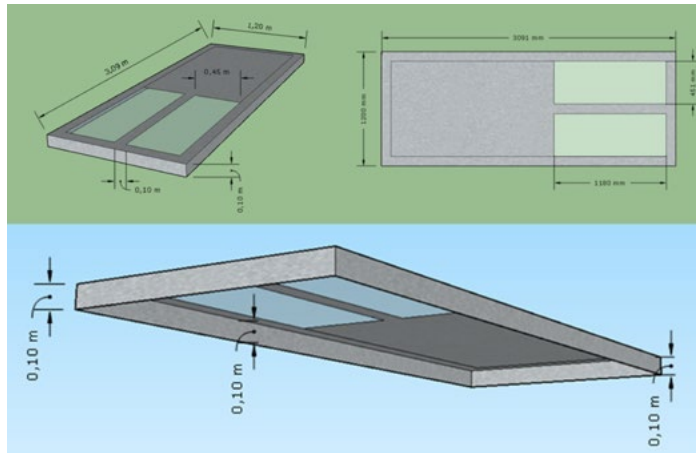


Figura N° 7: "Esquema general de la tapa del contenedor de agua definida".

Fuente: Elaboración propia.

#### 2.6.4. Apoyo de armamento para ejecución de las pruebas

Fue factible determinar que el principio a aplicar para la determinación de la alternativa técnica del apoyo de armamento corresponde al principio 15 "Partes dinámicas" el cual establece que es factible diseñar las características de un objeto, enfocadas en el sistema, para cambiar para ser óptimo o encontrar una condición de operación óptima. Es bajo este principio que se diseñó un apoyo para armamento (Figura N° 8), el que se deberá instalar al interior de la tronera de disparo, con la finalidad de establecer un ángulo de disparo de  $-15^\circ$ , para llevar a cabo la fabricación del soporte el modelo se deberá imprimir mediante la tecnología de filamentos 3D en ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno).

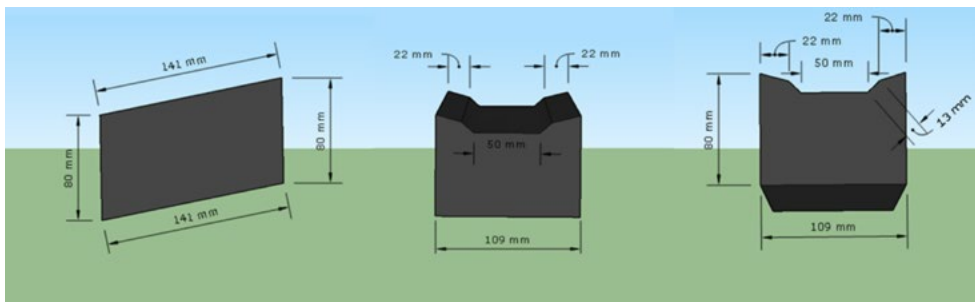


Figura N° 8: "Esquema general del apoyo de armamento para ejecución de las pruebas".

Fuente: Elaboración propia.



### 3. CONCLUSIONES

Mediante la metodología TRIZ, fue factible identificar seis contradicciones técnicas que permitieron establecer seis principios de inventiva para guiar el desarrollo de nuevos parámetros para ser aplicados en la actual disminución del rendimiento funcional de la TEB.

Mediante el trabajo con los seis principios de inventiva seleccionados fue factible determinar la configuración más eficiente para poder tratar la superficie corroída del contenedor de agua, la cual quedó establecida como la combinación de un imprimante compuesto por: ácido tánico y ácido fosfórico diluido mediante una composición que contenga alcohol isopropílico, alcohol terbutílico y glicerina, mezcla que actúa como un agente que detiene la corrosión. Se definió que como agente recubridor de la superficie tratada se deberá aplicar pintura epóxica, por otra parte, se definió como solución a la carencia de un filtrado de partículas finas y el caudal poco eficiente que se generaba con la bomba periférica, la implementación de una bomba hidráulica con autocebado y filtro incorporado tipo cilíndrico, de fibra papel.

Además, se establecieron nuevos parámetros de diseño del tambor recuperador de proyectiles y tapa del contenedor de la TEB enfocando la solución a disminuir el peso de la estructura compuesta por el tambor recuperador de proyectiles y tapa del contenedor. Para dar solución a lo anterior se determinó realizar una división de la tapa del contenedor de agua con el tambor recuperador de proyectiles, dejando el receptor de tiros en forma fija y la tapa abatible en forma independiente, estructurándose con dos ventanas de acrílico transparente para el rescate rápido de la huella balística.

Se estableció además los parámetros para la implementación de un pistón de gas que permita realizar la apertura de la tapa del contenedor, para actividades de mantenimiento o solución de problemas. Los parámetros quedaron definidos de acuerdo al recorrido máximo del pistón a gas en 700 mm y una fuerza de levante en un rango de 1.865 [N] a 2.000 [N] para poder compensar el peso de apertura de la tapa del contenedor y de esa forma facilitar el movimiento de apertura de la tapa por parte del inspector que ejecuta la prueba.

Como alternativa a la ausencia de una posición de tiro estandarizada se diseñó un apoyo para armamento, el cual se deberá instalar al interior de la tronera de disparo, con la finalidad de establecer un ángulo de disparo de  $-15^\circ$ , el que podrá ser impreso mediante la tecnología de filamentos 3D en ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno).



## **BIBLIOGRAFÍA**

- INSTITUTO CANADIENSE DE CONSERVACIÓN (2014). *Tratamiento con ácido tánico*. Ottawa: Centro Nacional de Conservación y Restauración.
- OROPEZA, R. (2012). *Niños y jóvenes creativos e innovadores con TRIZ*. México: Panorama Editorial S.A.
- VALENCIANO, G. M. (2014). *La innovación al servicio de la sociedad*. Anales de mecánica y electricidad, 18-27.