



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA

Diseño, construcción e implementación de una cabina de arenado para la restauración de elementos mecánicos de suspensión y transmisión en el taller “Tecnico Centro Emilio” en Trujillo

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

Autores:

Neciosup Rios, Pedro Jesus Fernando (orcid.org/0009-0007-0859-3006)

Palacios Plasencia, Jorge Antonio (orcid.org/0000-0001-8781-6325)

Asesor:

Mg. Julca Verástegui, Luis Alberto (orcid.org/0000-0001-5158-2686)

Línea de Investigación:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

Línea de Responsabilidad Social Universitaria:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A Dios, nuestro Señor
y Guardador, cuyo amor me
sostiene en el camino desde
ahora y siempre.

A nuestros padres por
habernos apoyado e
incentivado en cada paso de mi
vida profesional.

AGRADECIMIENTO

A nuestras familias, por brindarnos su apoyo incondicional y motivación para seguir adelante, por brindarme buenos valores y por estar siempre con nosotros en los buenos y malos momentos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	vi
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen	ix
Abstract	x
I.Introducción.....	1
II.Marco teórico.....	3
III.Metodología.....	13
3.1.Tipo y diseño de investigación	13
3.1.1.Tipo de investigación.....	13
3.1.2.Diseño de investigación.....	13
3.2.Variable y operacionalización	13
3.2.1.Variable independiente.....	13
3.2.2.Variable dependiente	13
3.3.Población, muestra, muestreo.....	14
3.3.1.Población	14
3.3.2.Muestra	14
3.3.3.Muestreo	14
3.4.Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad de los instrumentos	14
3.4.1.Técnicas	14
3.4.2.Instrumentos de recolección de datos.....	14
3.4.3.Validez y confiabilidad de los instrumentos	15
3.5.Procedimientos.....	15

3.6.Método de análisis de datos.....	16
3.7.Aspectos éticos	17
IV.Resultados.....	18
4.1.Elementos mecánicos de suspensión y transmisión en la empresa “tecnicentro emilio”	18
4.2.Diseño y selección de los elementos de la cabina de arenado	18
4.2.1.Selección de la cabina de arenado	18
4.2.2.Selección de materiales	24
4.2.3.Implementación y desarrollo de pruebas de funcionamiento.....	26
4.2.4.Protocolo de operación y seguridad	32
4.2.5.Análisis económico.....	33
V.Discusión	35
VI.Conclusiones	37
VII.Recomendaciones	38
Referencias	39
Anexos	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de selección.	12
Tabla 2: Especificaciones Ingenieriles.	19
Tabla 3: Grado de ponderación.	21
Tabla 4: Materiales previstos.	26
Tabla 5: Insumos para fabricación.	26
Tabla 6: Selección de materiales.	27
Tabla 7: Protocolo de operación inicial.	32
Tabla 8: Protocolo de operación final.	33
Tabla 9: Protocolo de operación de seguridad.	33

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1: Aplicación de chorro abrasivo.	4
Figura 2: Sistema de chorro abrasivo por succión.	5
Figura 3: Sistema de chorro abrasivo por presión.	6
Figura 4: Cabina de arenado típica.	6
Figura 5: Cabina de arenado tipo ostra.	7
Figura 6: Cabina de arenado tipo ranurada.	7
Figura 7: Diagrama de flujo de Metodología.	16
Figura 15: Diagrama neumático.	23
Figura 16: Dimensionamiento general de la cabina de arenado.	24
Figura 17: Cabina de arenado propuesto.	28
Figura 18: Junta antes del proceso de arenado.	29
Figura 19: Junta después del proceso de arenado.	29
Figura 20: Trapecio antes del proceso de arenado.	30
Figura 21: Trapecio después del proceso de arenado.	30
Figura 22: Cremallera antes del proceso de arenado.	30
Figura 23: Cremallera después del proceso de arenado.	31
Figura 24: Rótula antes del proceso de arenado.	31
Figura 25: Rótula después del proceso de arenado.	31
Figura 26: Plancha antes del proceso de arenado.	32
Figura 27: Plancha después del proceso de arenado.	32
Figura 28: Simulación de la salida de la arena mediante succión por aire comprimido.	60
Figura 29: Esfuerzo de Von Mises en la cabina de arenado bajo carga estática.	71
Figura 30: Deformación unitaria de la cabina de arenado bajo carga estática.	72
Figura 31: Factor de seguridad de la cabina de arenado bajo carga estática.	73
Figura 32: Malla del tanque de arenado bajo carga estática.	75
Figura 33: Esfuerzo de Von Mises del tanque de arenado bajo carga estática.	76
Figura 34: Deformación unitaria del tanque de arenado bajo carga estática.	76
Figura 35: Factor de seguridad del tanque de arenado bajo carga estática.	77
Figura 36: Acabado final de cabina de arenado.	80
Figura 37: Cabina lista para proceso de arenado.	81

Figura 38: Válvula regulada a 90psi para trabajo..... 82

RESUMEN

En esta investigación se muestra el diseño de una cabina de arenado para la restauración de elementos mecánicos de suspensión y transmisión para reemplazar el uso de combustibles fósiles, evitar posibles riesgos de contaminación y en la manipulación de estos. Tomando como datos las piezas a restaurar como lo son la junta homocinética, trapecio, cremallera, rótula, etc.; se pudo recolectar dimensiones, material, área y peso para posteriormente pasar al diseño y la selección de los elementos que tiene la cabina, dentro del diseño usando el concepto de cabinas de arenado se tomó la cabina económica ya que esta da mejores resultados y un trabajo más sencillo, con ello pasamos a realizar los diseños de configuración donde la configuración N°3 es la mejor opción donde las dimensiones de la cabina serían $1.00 \times 0.80 \times 1.00 [m]$; para la selección de materiales se tomaron los siguientes arena sílice N°20 con un diámetro efectivo de $0.46 [mm]$, compresor de aire se está utilizando uno existente de $10 [HP]$ aunque lo necesario solo es $8.8 [HP]$, manguera de aire comprimido soportara una presión de $8 [bar]$, válvula de aire comprimido con regulador la cual regulara la presión de $8 [bar]$ a $6 [bar]$, manguera de arena con su $P_{arena} = 61051.0526 [Pa]$, $F_m = 9.13 [kN]$, $h_{p_M} = 3.7414 [m]$, boquilla de succión se utilizó una boquilla de $4 [mm]$ con $U_{boq} = 30.3088 [m/s]$, $P_2 = -3.2951 [bar]$, $h_{p_M} = 3.7414 [m]$, extractor de polvo el caudal necesario es de $Q = 0.01535 [m^3/s]$. Para implementar y desarrollar las pruebas de funcionamiento se realizó todo un procedimiento desde la selección del material hasta la delimitación de la zona donde se ubicaría la máquina. Para el protocolo de operación y seguridad se realizaron formatos de manera simple y sencilla para que el operario antes de comenzar y terminar los trabajos con la cabina de arenado siga al pie de la letra para que los trabajos sean seguros y no presente complicaciones en la operación. Se realizó un análisis económico donde la inversión para el diseño de la cabina de arenado es de $S/ 2067.66$, con un beneficio útil de $S/ 855.31 [nuevossoles/mensual]$ y el retorno operacional de la inversión de 3 meses. El análisis financiero definió un valor actual neto de $S/ 647.12$ y una tasa de retorno de inversión de 11.62% , ya que nos da un costo adecuado.

Palabras clave: *restauración, cabina de arenado, suspensión, transmisión.*

ABSTRACT

This research shows the design of a sandblasting cabin for the restoration of mechanical suspension and transmission elements to replace the use of fossil fuels, avoid possible contamination risks and their handling. Taking as data the pieces to restore such as the homokinetic joint, trapezoid, rack, label, etc.; It was possible to collect dimensions, material, area and weight to later go on to the design and selection of the elements that the cabin has, within the design using the concept of sandblasting cabins the economic cabin was taken since it gives better results and a job easier, with this handrail to carry out configuration designs where configuration N°3 is the best option where the dimensions of the cabin would be $1.00 \times 0.80 \times 1.00 [m]$; For the selection of materials, the following silica sand N°20 with an effective diameter of $0.46 [mm]$ was taken, an existing $10 [HP]$ air compressor is being used, although only $8.8 [HP]$ is necessary, compressed air hose will support a pressure of $8 [bar]$, a compressed air valve with a regulator which will regulate the pressure from $8 [bar]$ to $6 [bar]$, a sand hose with its $P_{arena} = 61051.0526 [Pa]$, $F_m = 9.13 [kN]$, $hp_M = 3.7414 [m]$, suction nozzle a $4 [mm]$ nozzle was used with $U_{boq} = 30.3088 [m/s]$, $P_2 = -3.2951 [bar]$, $hp_M = 3.7414 [m]$, extractor of powder, the necessary flow is $Q = 0.01535 [m^3/s]$. To implement and develop the performance tests, a whole procedure was carried out from the selection of the material to the delimitation of the area where the machine would be located. For the operation and safety protocol, formats were created in a simple and easy way so that the operator, before starting and finishing the work with the sandblasting cabin, follows the letter so that the work is safe and does not present complications in the operation. An economic analysis was carried out where the investment for the design of the sandblasting cabin is $S/ 2067.66$, with a useful benefit of $S/ 855.31 [nuevossoles/mensual]$ and the operational return of the investment of 3 months. The financial analysis defined a net present value of $S/ 647.12$ and a rate of return on investment of 11.62% , since it gives us an adequate cost.

Keywords: *restoration, sandblasting cabin, suspension, transmission.*

I. INTRODUCCIÓN

La preocupación de la contaminación en aire, agua y suelo aún no son cuantificados con exactitud. No obstante, pueden indicar de manera cualitativa los problemas de contaminación generados por el uso de los Hidrocarburos Totales de Petróleo llamados también como HTP. (Piña, 2012)

La contaminación ocasionada por combustibles en estaciones de servicio se da debido a errores en el almacenamiento y distribución de los derivados del petróleo, los cuales son dañinos para la salud de los seres vivos. (Martínez, 2013)

Si bien todos los pasivos ambientales no se pueden considerar como sitios contaminados, actualmente existen 3457 pasivos ambientales en el subsector hidrocarburos de alto, mediano y bajo nivel de afectación tanto al medio ambiente, salud y población identificados por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), con un trabajo conjunto con organismos del estado como lo son OSINERGMIN, ocasionados por la actividad de hidrocarburos en el Perú desde sus inicios en 1863 hasta la actualidad. (MINEM,2007)

Pese a los grandes avances que han tenido las empresas automotrices en los últimos años, no se ha podido crear instrumentos que sean capaces de lavar piezas mecánicas de manera física, son escasas las empresas que poseen en sus establecimientos este tipo de máquinas, mayormente se debe a la poca información y al elevado costo de éstas. (Marín, 2016)

Por el problema anteriormente mencionado, las empresas utilizan el lavado de elementos automotrices mediante el uso de hidrocarburos contaminando el medio ambiente y probablemente a su personal, ya que algunas no cuentan con un protocolo y equipos de seguridad necesarios para realizar este tipo de trabajo.

En la actualidad, existen varias máquinas de chorro de arena que realizan las mismas tareas y satisfacen técnicamente los requisitos; sin embargo, debido a su elevado coste y a su largo historial de uso para evitar la

contaminación de los trabajadores y del medio ambiente, queremos desarrollar un diseño que sustituya el proceso de lavado manual por una cabina de chorro de arena para restaurar los componentes mecánicos metálicos de la suspensión y la transmisión.

Con lo anterior, se plantea lo siguiente: ¿Cuáles son las características que debe tener el diseño de una cabina de arenado para la restauración de elementos mecánicos de suspensión y transmisión?

El principal objetivo del estudio es utilizar una cabina de arenado para limpiar los elementos mecánicos de suspensión en lugar de lavarlos con hidrocarburos., la cual al realizar esta implementación la empresa tendrá la facilidad de fortalecer y pulir su método de lavado automotriz y no tener que perjudicar al medio ambiente ni a sus trabajadores.

Se propuso el siguiente objetivo general, en respuesta al problema: Diseñar e implementar una cabina de arenado para la restauración de elementos mecánicos de suspensión y transmisión en el taller “Tecnicentro Emilio”.

Para realizar este objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

Recopilar los datos de los elementos mecánicos de suspensión y transmisión en la empresa para un proceso de arenado “Tecnicentro Emilio”.

Diseñar y seleccionar los elementos de la cabina de arenado para la restauración de elementos mecánicos de suspensión y transmisión.

Implementar y desarrollar pruebas de funcionamiento del proceso de arenado para la puesta en punto.

Establecer un protocolo de operación y seguridad.

Realizar un análisis económico.

Realizar el levantamiento de planos de fabricación del diseño seleccionado.

II. MARCO TEÓRICO

Marín (2016), En esta investigación, se diseñó y construyó una máquina arenadora. Se generó el cálculo y se diseñó en SolidWorks, con ello recopiló la data respectiva a los diseños y con esta se calculó las dimensiones necesarias de una cabina de arenado. Asimismo, desarrolló con la información las correspondientes pruebas de resistencia mecánica, con los resultados deseados. Como conclusión la respuesta fue el CAD, usado para la fabricación.

Sarabia (2017), En esta investigación, detalla el valor de mejorar el acabado de estructuras metálicas para realizar un buen producto terminado. Se crea un modelo para pruebas de arenado, para de esta manera comprender la influencia de estos en el acabado superficial. A partir de las pruebas concluye que los datos de las medidas de las boquillas de la tolva, los datos de la malla de arena, influyen directamente en el acabado y con aquello se obtuvo lo deseado.

Herrea (2016), El objetivo de esta investigación fue desarrollar un sistema de chorro de arena que pueda utilizarse para el acabado de la superficie de tanques estacionarios de combustible. Para mejorar el acabado de la chapa del tanque, se propuso cambiar el diámetro de la boquilla. Para el procedimiento se utilizó una boquilla con un diámetro de 7 [mm].

Se entiende que un sistema de chorro abrasivo o sandblasting (presión de arena), al trabajo de removido de partículas de una superficie con el uso de un abrasivo expulsado por aire a presión a través de un polímero en forma cónica. El trabajo por chorro abrasivo es utilizado para retirar el óxido y preparación de superficies para la aplicación de pinturas. (Torres, 2013)



Figura 1: Aplicación de chorro abrasivo.

Fuente: <https://gondoba.com/2019/05/16/sandblasting-arenado-o-granallado/>

La corrosión se reconoce entonces como la causa fundamental de la degradación de cualquier material provocada por un ataque electroquímico iniciado por el medio ambiente. (Panta, 2016). Es el proceso de eliminación que experimenta cualquier material metálico, ya sea de forma natural o como resultado de una reacción química, en función de su composición química y de la densidad de tipos reactivos en su entorno. (Zapata, 2016)

Por otro lado, el combustible fósil es un compuesto, más viscoso que el agua, se extrae del subsuelo. El estado de los combustibles fósiles depende del lugar donde se han almacenado. Los tipos de entre unos y otros son por, las distintas proporciones de carbono, nitrógeno, oxígeno, azufre y algunos metales. (Piña, 2012), El destilado del petróleo como lo es la nafta es volátil, con componentes compuestos por hidrógeno y carbono. (Matos, 2002)

Por lo que, realizar el proceso de limpieza de alguna pieza mediante el uso de arena a alta presión puede considerarse como una operación de “bombardeo”, en la que el chorro abrasivo es esparcido contra el área establecida, enseguida antes del choque, la arena está proporcionadas de energía cinética, que cambia por sus dimensiones y cantidad; con una velocidad constante. (National Instruments, 2015).

El principio de trabajo del chorro abrasivo está apoyado en las leyes de la cinética y de la energía mecánica, consiste en lanzar abrasivo a alta velocidad contra la superficie a ser tratada. (Aguilar, 2017)

Los sistemas de chorro abrasivo normalmente son utilizados en un recipiente de arena, el sistema de succión y el sistema de expulsión de abrasivo. El más adecuado depende del tipo de trabajo a realizar.

El trabajo de succión es realizado con el principio de Venturi, envía la arena desde un recipiente no cerrado hermética o directamente desde la manguera, al sistema de la pistola, para al final terminar en la boquilla. El uso de estos sistemas son trabajados en cabinas, en materiales como aluminio, titanio y magnesio; para quitar rebabas y escamas, con una leve penetración en el metal base.

El trabajo realizado mediante este sistema no es tan perfecto si se utilizara en piezas que requieran procesos de alta presión, pero al realizarse en piezas pequeñas es muy eficaz.

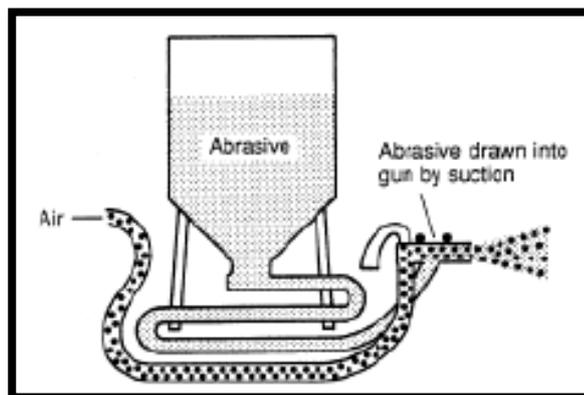


Figura 2:Sistema de chorro abrasivo por succión.

Fuente: (Torres, 2013)

El tipo de equipo de succión, con una válvula reguladora, a un parámetro de aire comprimido en movimiento. El abrasivo y la presión del aire se mueven dentro de una manguera. Mayormente se usa para piezas de acero estructural, por su rápida producción.

La principal ventaja de este método es usar grandes cantidades de abrasivo y con una gran fuerza de penetración que los equipos de succión, generando más velocidad en los procesos y un mejor acabado superficial. (Torres, 2013)

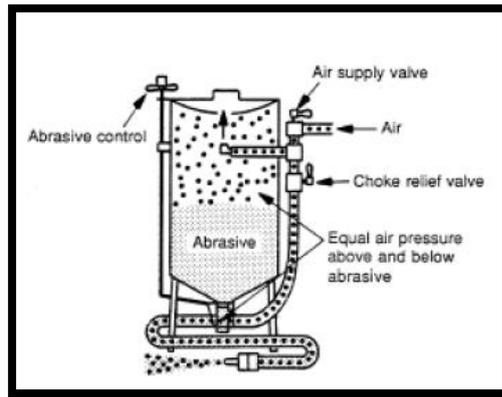


Figura 3: Sistema de chorro abrasivo por presión.

Fuente: (Torres, 2013)

Existen distintos tipos de cabina de arenado entre los cuales existen:

Cabina típica, es aquella que va totalmente sellada y se utiliza una mayor velocidad que el proceso de producción de succión, el uso de una mayor velocidad del abrasivo se debe al proceso de producción de cuatro veces a más a comparación del resto. El uso de estas cabinas es eficaz cuando se realizan trabajos en mayor cantidad de piezas sin tener que instalar más cabinas, lo cual generaría una falta de espacio.



Figura 4: Cabina de arenado típica.

Fuente: (Sarabia, 2017)

Por otro lado, las cabinas tipo ostra, se utiliza con una compuerta tipo ostra que ayuda a ingresar piezas de mayor tamaño las cuales algunas veces deben ser transportadas con equipos de carga.



Figura 5: Cabina de arenado tipo ostra.

Fuente: (Sarabia, 2017)

Las cabinas ranuradas, gracias a su diseño puede mover en la parte posterior las piezas, con ello da más versatilidad, al aplicar el chorro de arena en las estructuras hasta un poco del doble de la cabina.



Figura 6: Cabina de arenado tipo ranurada.

Fuente: (Sarabia, 2017)

Con el fin de poder elegir el material, la geometría y la fabricación del elemento para satisfacer las distintas necesidades, se analizará la resistencia mecánica de la cabina utilizando la dimensión de resistencia estática. En este análisis se utilizará la teoría de los fallos resultantes de la carga estática, que relaciona la carga estática con la resistencia del elemento. (Budynas y Nisbett, 2008)

En la teoría para el cálculo para el diseño de la cabina tenemos:

Cálculo de la energía cinética:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad (1)$$

Dónde:

E_c : Energía cinética

m : Masa

v : Velocidad de la partícula

La densidad de una gramo de arena esférica está dada por la relación:

$$m = \frac{\rho \cdot (4 \cdot \pi \cdot r^3)}{3} \quad (2)$$

Dónde:

r : Radio de la partícula

ρ : Densidad del material

Con la energía cinética de la arena está definida por la siguiente fórmula:

$$E_c = \rho \cdot \left(\frac{2}{3}\right) \cdot \pi \cdot r^3 \cdot v^2 \quad (3)$$

Dónde:

E_c : Energía cinética

ρ : Densidad del material

v : Velocidad de la partícula

r : Radio de la partícula

Los cálculos para determinar cada elemento de la cabina de arenado serán determinados con una selección adecuada de partes, desde el aplicador de partículas en adelante, se comenzará con una selección necesaria.

Para la selección de la arena se comienza a partir del concepto que la fuerza que ejerza sería igual al peso de la arena, por eso se define la siguiente ecuación:

$$\sum F_y = 0 \quad (4)$$

$$F = W \quad (5)$$

Dónde:

$\sum F_y$: Sumatoria de fuerzas en el eje y.

W : Peso de la partícula de la arena.

Otra causa determinante, es la velocidad de las partículas de la arena, se define la siguiente ecuación:

$$V_y = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot W}{A_g \cdot P_a \cdot C}} \quad (6)$$

Dónde:

V_y : Velocidad

G : Gravedad

A_g : Área de la arena

P_a : Peso específico del aire

C : Coeficiente de la resistencia de la partícula

Para definir la densidad de las partículas, se halla la masa y volumen de estas, como se observa en la siguiente ecuación:

$$d = \frac{m}{v} \quad (7)$$

Dónde:

d : Densidad de la partícula

m : Masa de la partícula

v : Volumen

El cálculo del volumen de la partícula esférica se da de la siguiente manera:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \quad (8)$$

Dónde:

r : Radio de la partícula

V : Volumen

La masa de la partícula es determinada de igual manera con el peso de la partícula, este valor será multiplicado por la gravedad, como se observa en la ecuación.

$$W = g \cdot m \quad (9)$$

Dónde:

W : Peso de la partícula

m : Masa de la partícula

g : Gravedad

Una vez hallada la fuerza abrasiva, se deberá añadir dicha información para hallar el área del abrasivo, para esto se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_g = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \quad (10)$$

Dónde:

A_g : Área del abrasivo de la partícula

r : Radio de la partícula

Hallar el área del inyector para poder calcular y seleccionar un compresor necesario.

$$A_{ig} = \pi \cdot r^2 \quad (11)$$

Dónde:

A_{ig} : Área del inyector de la arena

r : Radio del inyector de la pistola

Hallada el área del inyector de la arena y la velocidad, se puede calcular el caudal de esta forma:

$$Q = V_y \cdot A_{ig} \quad (12)$$

Dónde:

Q : Caudal

V_y : Velocidad de succión

A_{ig} : Área del inyector de granalla

La suma de todas las fuerzas es representada por una resultante de todas ellas. La magnitud de la fuerza puede ser definida como, que es un punto en el espacio, en un plano de ejes coordenados. (Quijorna, 2007).

Es la suma de los momentos producidos en una viga o eje estructural. También se usa para determinar el punto de equilibrio de un sistema estático. El momento de una fuerza se calcula multiplicando su fuerza por la distancia más corta que debe recorrer para alcanzar su punto de apoyo o pivote. (Budynas y Nisbett, 2008).

El momento flector es el momento (torque). (Niemann, 1997).

El esfuerzo de cedencia es la deformación permanente. Esta es generada por fuerzas ejercidas en el área de un material, la cual tiende a flexionar o pandearlo. (Mott, 2009).

Es esfuerzo de sección se le conoce por la resultante de tensiones cortantes, es decir, tangenciales, al área para la cual se determina el esfuerzo. (Hernández, 2007).

El esfuerzo máximo, es el punto de la máxima de aplicación de ciertas fuerzas, hasta el antes de fracturarse o romperse y con ello modificar el material.

El esfuerzo real permisivo, es el cambio físico en el comportamiento de sección, donde la probeta debe llegar a tolerar antes de la rotura.

La matriz de selección es un método para elegir entre diseños de equipos o componentes, con los requisitos de diseño enumerados en las columnas y los conceptos de los equipos o componentes a evaluar divididos a lo largo de las filas de la matriz (requerimientos del cliente) (Tabla 1), dónde la ponderación cuantitativa va desde excelente a malo (5: Excelente, 4: Muy bueno, 3: Bueno, 2: Regular y 1: Malo), permitiendo al diseñador seleccionar la mejor opción. (Fhet, 2019)

Tabla 1: Matriz de selección.

<i>Requerimientos</i>	<i>Concepto 1</i>	<i>Concepto 2</i>	<i>Concepto 3</i>	<i>Concepto n</i>
<i>Parámetro 1</i>				
<i>Parámetro 2</i>				
<i>Parámetro 3</i>				
<i>Parámetro n</i>	<i>Acumulado 1</i>	<i>Acumulado 2</i>	<i>Acumulado 3</i>	<i>Acumulado n</i>

Fuente: Duglas, 2018.

III. METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Aplicada: Según Nicomedes (2018), está orientada a resolver los problemas que se presentan en los procesos de fabricación, distribución, y consumo de bienes y servicios de cualquier actividad humana.

En esta investigación se aplicará conocimientos adquiridos durante el proceso de formación educativa, por lo que obtendremos resultados de los análisis mecánicos correspondientes.

3.1.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Experimental: Según Arias (2012), es el trabajo de poner a prueba un objeto o grupo de personas, a condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar lo que se produce (variable dependiente).

Se busca demostrar modificaciones en la variable dependiente que se generaron por la variable independiente.

3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

La tabla se muestra en el anexo 1.

3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Características del proceso de arenado para piezas mecánicas.

3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Especificaciones técnicas de la cabina de arenado.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO

3.3.1. POBLACIÓN

En esta investigación, la población es representada por todas las cabinas de arenado.

3.3.2. MUESTRA

En esta investigación, la muestra es representada por cabinas de arenado en Trujillo.

3.3.3. MUESTREO

En esta investigación, es intencionada a conveniencia.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

3.4.1. TÉCNICAS

- a) Análisis documental:** Es un proceso mediante el cual podemos extraer unos fundamentos teóricos para utilizarlos y facilitar el acceso a los originales.
- b) Observación:** Es la técnica más usada para determinar el caso de un fenómeno y tomar datos, con ello registrar todo para su análisis.
- c) Entrevista:** Está estandarizada; en ella se elaboran preguntas las cuales son totalmente pensadas para que el entrevistado responda de manera concreta.

3.4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- a) Fichas de registro:** Nos simplifica la revisión de las distintas fichas técnicas en las fuentes con sus cualidades únicas.
- b) Ficha de observación:** Nos permite obtener la información del compresor industrial existente en la empresa "Tecnico Centro Emilio", lo cual el diseño de la cabina de arenado se diseñará a partir del detalle técnico del compresor industrial.

- c) Guía de entrevista:** Nos permite recopilar datos sobre las exigencias impuestas a los operarios del taller "Tecnico Centro Emilio" en términos de diseño.

3.4.3. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

La validez será sometida mediante juicio de expertos conocedores del tema.

3.5. PROCEDIMIENTOS

- Se realizó la recolección de datos de cabinas de arenado para extraer datos de dimensionamiento y elementos que contiene estas máquinas, datos como: dimensiones de la cabina, flujo volumétrico de aire, flujo volumétrico del abrasivo. También se recolectó información sobre las necesidades y requerimientos; piezas más comunes a la hora de realizar un mantenimiento en la empresa.
- Se determinó las exigencias de diseño según los resultados de los instrumentos de recolección de datos.
- Se desarrollará la ingeniería de detalle, con lo cual se aplicaron los cálculos que nos permitieron la selección los accesorios de la cabina de arenado.
- Utilizando el programa SolidWorks se llevó a cabo el análisis de métodos finitos como carga estática y dinámica para el dimensionamiento y selección de elementos de la cabina de arenado seleccionado: material, resistencia máxima y deformación unitaria. Los que nos proporcionan un factor de seguridad de los elementos: tanque, mangueras, válvulas y boquilla.
- Luego se realizó pruebas de limpieza sobre lo elementos mecánicos seleccionados, con presión de aire comprimido y flujos volumétricos en condiciones estables para verificar la calidad del proceso. Este consistió en limpiar los distintos elementos mecánicos y mediante esta medir tiempo y número de pasadas.
- Se realizó protocolos de operación y seguridad.
- Finalmente se realizó el levantamiento de planos del diseño.

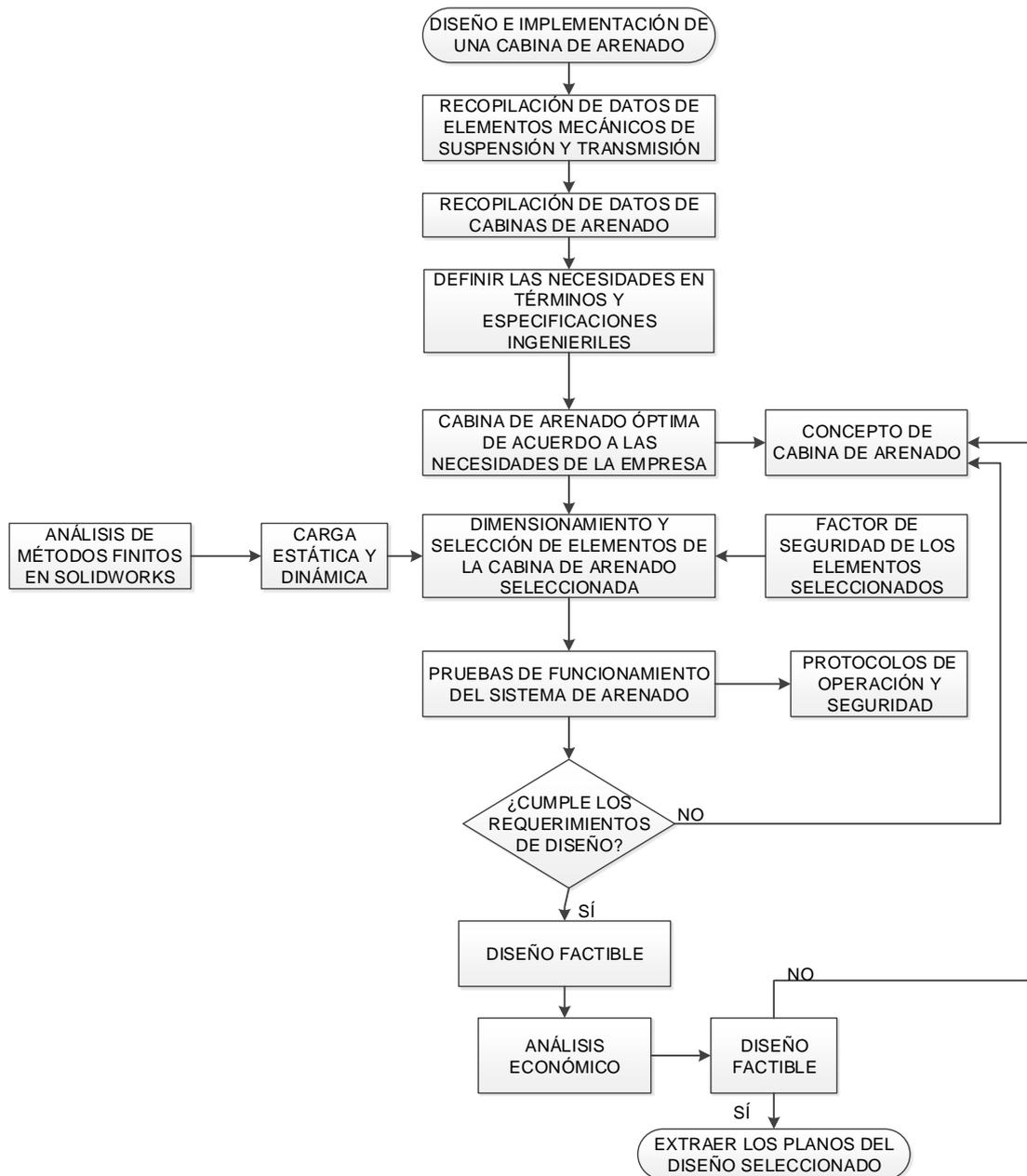


Figura 7: Diagrama de flujo de Metodología.

Fuente: Elaborado por los autores.

3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

El proceso de recopilación de información consistirá en realizar una entrevista, durante la cual utilizaremos un formulario de entrevista para determinar las necesidades del cliente y crear una lista de criterios que definan el problema en términos de ingeniería.

Se mostrarán diferentes disposiciones de la cabina en cuatro conceptos de diseño alternativos. A continuación, se utilizará una matriz de selección para elegir la mejor opción.

Una vez realizados los cálculos correspondientes para establecer los parámetros de diseño primarios de la cabina, se utilizarán cálculos analíticos para crear la disposición general de las secciones componentes de la cabina.

3.7. ASPECTOS ÉTICOS

En el desarrollo de esta investigación se tendrán en cuenta los siguientes principios éticos: investigación imparcial y fidedigna, que los datos y documentos recopilados no se modifiquen y que todo el material externo se cite adecuadamente.

IV. RESULTADOS

4.1. ELEMENTOS MECÁNICOS DE SUSPENSIÓN Y TRANSMISIÓN EN LA EMPRESA “TECNICENTRO EMILIO”

Se describió los elementos mecánicos de suspensión y transmisión más comunes a la hora de realizar un mantenimiento en la empresa “TecnicoCentro Emilio”, donde vemos las dimensiones, material, por lo que con ello determinamos el dimensionamiento para la cabina de arenado. (Anexo 6)

Tabla 2: Elementos mecánicos más comunes.

N.º	ÍTEM	DIMENSIÓN	MATERIAL	ÁREA A ARENAR	PESO
1	Junta Homocinética	6 [pulg]	Acero	10 [cm ²]	0.5 [kg]
2	Trapezio	22 [pulg]	Acero	20 [cm ²]	3 [kg]
3	Cremallera	8 [pulg]	Acero Aluminio	10 [cm ²]	4 [kg]
4	Rótula	10 [pulg]	Acero	10 [cm ²]	1.5 [kg]

Fuente: Elaborado por los autores.

4.2. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA CABINA DE ARENADO

4.2.1. SELECCIÓN DE LA CABINA DE ARENADO

Se describieron cuatro tipos diferentes de funcionamiento de las cabinas de chorro de arena. Además, se propusieron muchos tipos de abrasivo y se eligió entre ellos el más adecuado para el trabajo con la ayuda de los trabajadores, que sabían mejor qué opción tomar.

4.2.1.1. RESUMEN DE LA ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE DISEÑO

Para determinar los requisitos de diseño, se preparó una rápida descripción de las necesidades de la empresa con ayuda de la entrevista. (Anexo 7)

4.2.1.2. ESPECIFICACIONES INGENIERILES

A continuación, se presentan los requisitos del cliente en un estilo ingenieril con sus unidades apropiadas y las restricciones, si las hay, para cada

subfunción determinada por las conclusiones de las entrevistas realizadas una vez establecidas las necesidades de la empresa.

Tabla 3: Especificaciones Ingenieriles.

SUBFUNCIÓN	CARACTERÍSTICAS INGENIERILES	UNIDADES	LÍMITES
Tamaño de la cabina	Dimensiones	Metros	Largo: $1.00 \leq l \leq 1.20$ Ancho: $0.50 \leq a \leq 0.80$ Altura: $1.00 \leq h \leq 1.20$
Frecuencia de trabajo diario	Tiempo de operatividad	Horas	$\leq 8 \text{ horas}$
Sistema de extracción de polvo	Conservación del medio ambiente	Unidad	1
Dispositivo de seguridad del personal	Sistemas de seguridad y protección del operario	Unidad	1
Material a arenar	Material a arenar	Unidad	Acero
Número de pasadas	Cálculo de número de pasadas	Unidad	5 <i>máximo</i>
Operatividad	Fácil uso y mantenimiento		

Fuente: Elaborado por los autores.

4.2.1.3. CONCEPTOS DE CABINAS DE ARENADO

Se presentan 4 conceptos de solución, los cuales pueden resolver el problema.

Tabla 4: Conceptos de Cabinas de Arenado.

CONCEPTO N°1 Cabina Económica	CONCEPTO N°2 Cabina Típica Presurizada	CONCEPTO N°3 Cabina Tipo Ostra	CONCEPTO N°4 Cabina Tipo Ranurada
			
Cuentan con sistema de succión para chorreo con abrasivos, tienen un número mínimo de piezas móviles y requieren menos mantenimiento que un sistema presurizado. Su cuota de producción no es tan alta como con un sistema presurizado, pero los acabados resultantes son comparables en calidad.	Este tipo de cabina expulsa el abrasivo a mayor velocidad, este incremento en la velocidad del abrasivo se traduce en un aumento en la producción de cuatro veces más a comparación a las demás cabinas.	Apto para aquellos casos en que las piezas son demasiado grandes por lo que no podrían ser introducidas por la puerta o su maniobra no puede hacerse sin el uso de grúas, la cual se puedan colocar las piezas desprendiendo los seguros de la parte frontal y levantando la parte superior de la cabina para que de esa forma se pueda acceder a la cabina.	Este tipo de cabina desliza la placa por la parte posterior de modo que se pueden trabajar piezas largas de un poco menos del doble de las dimensiones de la cabina.
Las principales ventajas son: bajo costo de fabricación.	Las principales ventajas son: presión constante, producción de trabajo constante, expulsa el abrasivo a mayor velocidad que las demás cabinas.	Las principales ventajas son: apto para elementos de mayor tamaño y pesados, adaptable para los dos tipos de sistema de arenado.	Las principales ventajas son: proceso de arenado continuo para piezas pequeñas.
Las principales desventajas son: baja producción de trabajo.	Las principales desventajas son: presión de trabajo elevada del abrasivo para materiales frágiles.	Las principales desventajas son: cuenta con un motor eléctrico.	Las principales desventajas son: cuenta con un motor eléctrico.

Fuente: Elaborado por los autores.

4.2.1.1. GRADO DE PONDERACIÓN

El grado de ponderación fue dada de la siguiente manera:

Tabla 5: Grado de ponderación.

Grado de satisfacción	Puntuación
Complacido	5
Muy satisfecho	4
Satisfecho	3
Poco satisfecho	2
Insatisfecho	1

Fuente: Elaborado por los autores.

4.2.1.2. REQUERIMIENTOS CUANTITATIVOS DEL DISEÑO DE LOS CONCEPTOS

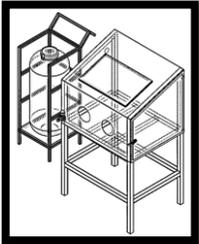
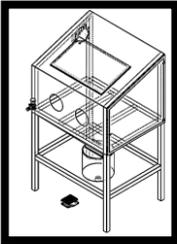
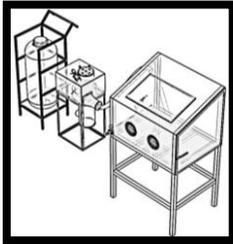
Basándose en los resultados de las entrevistas con el personal, que se hicieron en relación con los seis requisitos de diseño de la calidad del proceso, el tiempo de proceso, la simplicidad de funcionamiento, el mantenimiento, la seguridad y el diseño. (Anexo 8)

4.2.1.3. MATRIZ DE SELECCIÓN PONDERADA DE CONCEPTOS ALTERNATIVOS

Se seleccionó la cabina económica en base a los criterios y resultados obtenidos mediante la matriz de selección que se muestra en el anexo 9.

4.2.1.4. DISEÑOS DE CONFIGURACIÓN

Tabla 6: Diseños de Configuración.

CONFIGURACIÓN N°1	CONFIGURACIÓN N°2	CONFIGURACIÓN N°3
		
<p>El tanque del abrasivo se ubica a un lateral de la cabina de arenado, el tipo de accionador es mediante una pistola de succión, la compuerta se cierra mediante un sujetado empernado, la mesa de apoyo es fija, el visor es un acrílico y no usa extracción de polvo.</p>	<p>El tanque del abrasivo está ubicado debajo de la cabina (incrustado), el tipo de accionador es mediante un pedal neumático, la compuerta se cierra mediante palanca, la mesa de apoyo es giratoria, el visor es de vidrio templado, y la extracción de polvo es mediante una turbina eléctrica.</p>	<p>El tanque del abrasivo se ubica a un lateral de la cabina de arenado, el tipo de accionador es mediante una pistola de succión, la compuerta se cierra mediante un cerrojo, la mesa de apoyo es fija, el visor de vidrio, y la extracción de polvo es mediante una aspiradora.</p>
<p>Las principales ventajas de esta configuración es el cierre de compuerta, por lo que, al contar con un cierre empernado, éste no se abrirá fácilmente.</p>	<p>Las principales ventajas es que al tener una mesa giratoria facilita el trabajo de arenado, y al contar con una turbina eléctrica la cabina estará libre de polvo en corto tiempo.</p>	<p>Las principales ventajas es que al contar con un visor de vidrio este tendrá una duración prolongada, y esta configuración de fabricación es de bajo costo.</p>
<p>Las principales desventajas son: El visor al ser de acrílico se deteriorará en corto tiempo, y al no tener extracción de polvo la cabina será opacada por el polvo.</p>	<p>Las principales desventajas es que al contar con una mesa giratoria su costo de fabricación se eleva, al igual con una turbina eléctrica.</p>	<p>La principal desventaja es la mesa fija, ya que con ello se tendrá que manipular el elemento a arenar manualmente.</p>

Fuente: Elaborado por los autores.

4.2.1.5. MATRIZ MORFOLÓGICA DE DISEÑO DE CONFIGURACIÓN

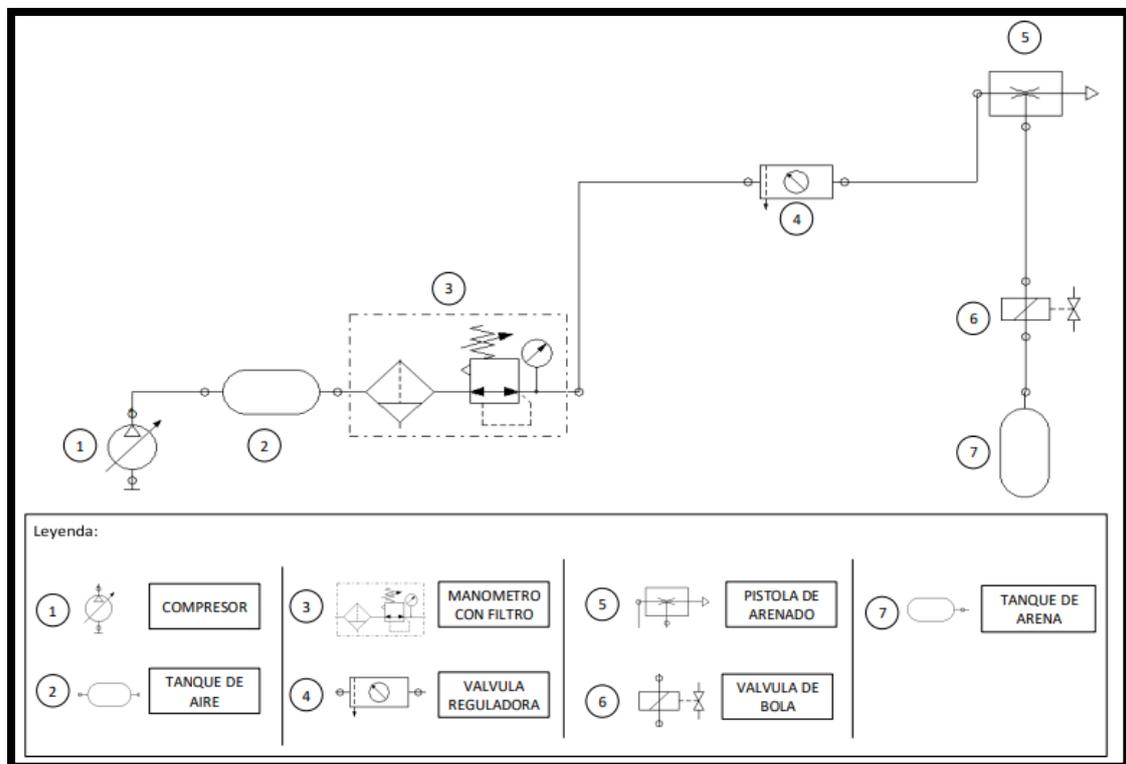
Se presenta la matriz morfológica de los 3 bocetos de diseño de configuración de la cabina de arenado. (Anexo 10)

4.2.1.6. MATRIZ DE SELECCIÓN DE DISEÑO DE CONFIGURACIÓN

Se realizó una matriz de selección a los 3 bocetos de configuración para determinar el mejor diseño de configuración. (Anexo 11)

4.2.1.7. UNIDAD DE CONTROL NEUMÁTICO

Figura 8: Diagrama neumático.



Fuente: Elaborado por los autores.

4.2.1.8. DIMENSIONAMIENTO GENERAL

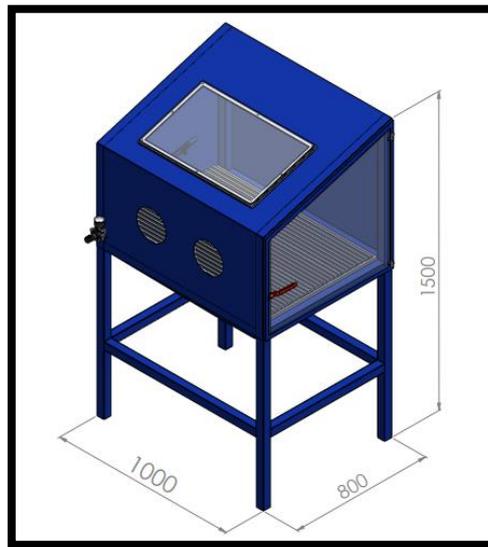


Figura 9: Dimensionamiento general de la cabina de arenado.

Fuente: Elaborado por los autores.

4.2.2. SELECCIÓN DE MATERIALES

4.2.2.1. ELEMENTOS DEL PROCESO DE ARENADO

Se detalló la lista de componentes que afectan al procedimiento de arenado. (Anexo 12)

4.2.2.2. CONSUMO DEL AIRE EN EL PROCESO DE ARENADO POR SUCCIÓN

Se genera el caudal de aire que se consume en la pistola de arenado por succión. (Anexo13)

4.2.2.3. SELECCIÓN DE ARENA

Para realizar los cálculos necesarios se determina la selección de la arena, la cual determinan los materiales y dispositivos para el sistema. (Anexo 14)

4.2.2.4. COMPRESOR DE AIRE

Para el dimensionamiento del compresor de aire. (Anexo 15)

a) Para los caudales necesarios, se necesita un compresor de, $P = 8.87 [HP]$

Por lo tanto, el compresor existente de marca Romer de 10 [HP], en la empresa Tecnicentro Emilio, satisface las necesidades de los caudales requeridos.

4.2.2.5. MANGUERA DE AIRE COMPRIMIDO

Es el método por el que el aire comprimido pasa de la línea principal del compresor a la válvula de control, donde se regula a una presión de servicio de 6 [bar], partiendo de una presión de 8 [bar]. (Anexo 16)

- a) Velocidad del aire comprimido: $U_{aire} = 566.6666 \text{ [m/s]}$
- b) Fuerza del aire producida en las paredes superficiales de la manguera: $F_{acm} = 458.64 \text{ [kN]}$
- c) Flujo másico de aire comprimido: $\dot{m}_{aire} = 0.02047 \text{ [kg/s]}$

4.2.2.6. VÁLVULA DE AIRE COMPRIMIDO CON REGULADOR

Válvula principal, la cual regula la presión de 8 [bar] a una presión de servicio de 6 [bar]. (Anexo 17)

- a) Fuerza del aire comprimido en la entrada de la válvula: $F_{aire} = 24 \text{ [N]}$
- b) Fuerza del aire comprimido en la salida de la válvula: $F_s = 11.5997 \text{ [N]}$

4.2.2.7. MANGUERA DE LA ARENA

Es la manguera que sale del tanque de arena hasta la pistola de succión. (Anexo 18)

- a) Presión en la manguera de la arena: $P_{arena} = 61051.0526 \text{ [Pa]}$
- b) Fuerza en las paredes laterales en la manguera de la arena: $F_m = 9.13 \text{ [kN]}$
- c) Pérdidas en la manguera de arena: $hp_M = 3.7414 \text{ [m]}$

4.2.2.8. BOQUILLA DE LA PISTOLA DE SUCCIÓN

Salida de arena y arie comprimido, para lo cual se utilizó una boquilla de 4 [mm].

- a) Velocidad en la salida de la boquilla: $U_{boq} = 30.3088 \text{ [m/s]}$
- b) Presión en la salida de la boquilla: $P_2 = -3.2951 \text{ [bar]}$
- c) Fuerza en la salida de la boquilla: $F_2 = 3.2951 \text{ [N]}$

4.2.2.9. EXTRACTOR DE POLVO

a) Caudal necesario para extracción de polvo: $Q = 0.01535 [m^3/s]$

4.2.3. IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.2.3.1. MATERIALES E INSUMOS PREVISTOS

Los implementos se adquirieron en proveedores. Los insumos resultó más económico adquirirlos en proveedores especializados. La siguiente table resume lo mencionado:

Tabla 7: Materiales previstos.

MATERIA PRIMA	DIMENSIÓN	CANT.	OBSERVACIÓN
Tubo cuadrado ASTM A-36	30 x 30 x 1.5 [mm]	2	Para fabricar la estructura.
Lámina ASTM A-36	1120 x 2440 x 0.94 [mm]	3	Para cubrir la cabina y para fabricar el depósito de los residuos.
Perfil L ASTM A-36	25.4 x 25.4 x 2 [mm]	1	Para fabricar la compuerta.

Fuente: Elaborado por los autores.

En la siguiente tabla, presenta de que insumos fueron usados para la fabricación y ensamble de la parte estructural:

Tabla 8: Insumos para fabricación.

INSUMO	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	CANT.	OBSERVACIÓN
Electrodos E6011	Unión estructural	kg	1	De marca puntoazul, por ser más comercial
Base zyncromato automotriz	Evita la corrosión	galón	1	Se recubrirá toda la cabina de arenado con una base previa al color.
Pintura acrílica automotriz	Acabado final	galón	1	Se pinta la cabina para darle el acabado final.
Discos de corte	Habilitado de material	4 ½ pulg	3	De marca 3M, por ser una marca reconocida.

Disco flap	Acabado final	4 ½ pulg	1	Pulir las uniones por soldadura para darle un buen acabado.
Pernos autoperforantes	Sujeción de láminas	1 x 5/16 pulg	50	Se utiliza pernos para evitar deformaciones mediante la unión por soldadura.

Fuente: Elaborado por los autores.

4.2.3.2. SELECCIÓN DE MATERIALES

Las propiedades de los materiales utilizados para los componentes principales de la cabina de chorro de arena se enumeran en la tabla siguiente:

Tabla 9: Selección de materiales.

ELEMENTO	CARACTERÍSTICA	MATERIAL
Cabina	Dureza y resistencia	Acero ASTM A-36
Estructura soporte	Dureza y resistencia	Acero ASTM A-36
Tolva	Liviano plegable	Lámina ASTM A-36
Depósito de residuos	Liviano plegable	Lámina ASTM A-36
Mesa de apoyo	Dureza y resistencia	Acero ASTM A-36

Fuente: Elaborado por los autores.

4.2.3.3. VOLUMEN DE LA CABINA

La cabina de arenado está diseñada para realizar trabajos de restauración superficial a pequeños elementos mecánicos que no cuentan con un peso extremo, lo cuales no cuentan con un peso mayor de 10 [kg].

El volumen de la cabina es: $V_c = 0.6075 [m^3]$

4.2.3.4. VOLUMEN DEL TANQUE DE ARENA

El volumen de la tolva cuenta con dos partes, una parte cilíndrica y otra de forma cónica.

a) El volumen del cilindro es de: $V_{cil} = 0.02261 [m^3]$.

b) Volumen ocupado por la arena: $V_a = 0.01809 [m^3]$

c) Masa de arena contenida en el tanque de arenado: $m_{arena} = 31.8384 [kg]$

4.2.3.5. CONSTRUCCIÓN DE LA CABINA DE ARENADO



Figura 10: Cabina de arenado propuesto.

Fuente: Elaborado por los autores.

4.2.3.6. IMPLEMENTACIÓN DE LA CABINA DE ARENADO

Consistió en trasladar la cabina de arenado al área definida dentro del taller “Tecnicentro Emilio”, para ello se hicieron estas actividades:

- Nivelación del área de trabajo, donde se destinó como lugar de alojamiento de la cabina.
- Ubicación de la cabina de arenado en el área de trabajo.
- Instalación de la pistola de arenado por succión.
- Instalación de mangueras.
- Instalación de guantes de seguridad para manipulación.
- Capacitación acerca del uso de la cabina de arenado.
- Llenado del tanque de arena.
- Pruebas de funcionamiento de remoción de residuos.
- Entrega de la cabina al encargado de la empresa.
- Operatividad de la cabina de arenado.
- Entrega del abrasivo para el arenado.
- Entrega de la pistola de succión con acoples y boquillas para el funcionamiento de la cabina.

4.2.3.7. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Se realizó las siguientes pruebas de funcionamiento: (Anexo 25)

a) Prueba de funcionamiento de junta homocinética

Para este elemento mecánico de suspensión, se removió el óxido existente. Se necesitó $0.0004496[m^3/s]$ de arena para cubrir $0.0005 [m^2]$, el cuál se necesitó $23.2384 [m^3/s]$ de aire comprimido, con una operación de $3 [min]$



Figura 11: Junta antes del proceso de arenado.

Fuente: Elaborado por los autores.

Se removió el óxido existente en el elemento mecánico de suspensión.



Figura 12: Junta después del proceso de arenado.

Fuente: Elaborado por los autores.

b) Prueba de funcionamiento de trapecio

Se removió el óxido existente y se limpió el elemento mecánico de suspensión, en el cual se necesitó $0.001124 [m^3/s]$ de arena para cubrir un área de $0.0015 [m^2]$, también se necesitó $69.7149 [m^3/s]$ de aire comprimido para una operación de $5 [min]$.



Figura 13: Trapecio antes del proceso de arenado.

Fuente: Elaborado por los autores.



Figura 14: Trapecio después del proceso de arenado.

Fuente: Elaborado por los autores.

c) Prueba de funcionamiento en cremallera



Figura 15: Cremallera antes del proceso de arenado.

Fuente: Elaborado por los autores.

Se removió la mayor parte de impurezas para evitar dañar las partes de aluminio. Para este elemento se usó $0.000843 [m^3/s]$ de arena para cubrir un área de $0.0015 [m^2]$, donde se necesitó $139.4298 [m^3/s]$ de aire comprimido con un tiempo de operación de $5 [min]$



Figura 16: Cremallera después del proceso de arenado.

Fuente: Elaborado por los autores.

d) Prueba de funcionamiento de rótula

Se removió la mayor parte de impurezas para evitar dañar los capuchones. Al ser un elemento pequeño y muy dañado, para este elemento se usó $0.001124 [m^3/s]$ de arena para cubrir un área de $0.0005 [m^2]$, donde se necesitó $58.0957 [m^3/s]$ de aire comprimido con un tiempo de operación de $3 [min]$



Figura 17: Rótula antes del proceso de arenado.

Fuente: Elaborado por los autores.



Figura 18: Rótula después del proceso de arenado.

Fuente: Elaborado por los autores.

e) Prueba de funcionamiento en plancha de hierro

Para esta prueba, se realizó para determinar el tiempo en el cual se agotará la arena respecto al tiempo y presión del compresor, obteniendo como datos para un área de $1.6 [m^2]$, un consumo de arena de $0.1798 [m^3/s]$, donde se consumió $4880.0415 [m^3]$ con un tiempo de operación de $80 [min]$.



Figura 19: Plancha antes del proceso de arenado.

Fuente: Elaborado por los autores.



Figura 20: Plancha después del proceso de arenado.

Fuente: Elaborado por los autores.

4.2.4. PROTOCOLO DE OPERACIÓN Y SEGURIDAD

4.2.4.1. PROTOCOLO DE OPERACIÓN DE CABINA DE ARENADO

Para inicio de operación se debe realizar la verificación de todos estos pasos

Tabla 10: Protocolo de operación inicial.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	SÍ	NO
1	Verificación de presión de aire a la salida del compresor, la presión debe ser superior a 90 [psi] o 6 [bar].		
2	Verificación de conexiones de mangueras.		
3	Verificación del regulador de presión para pistola de arenado a trabajar.		
4	Verificación del nivel de arena en el tanque.		
5	Verificación de posición de válvula en estado abierto para paso de salida de abrasivo.		
6	Activación del S.E.P.		
7	Activación de luz interna de cabina.		

8	Verificación de presión de presión de pistola de arenado.		
---	---	--	--

Fuente: Elaborado por los autores.

Para el final de la operación se debe realizar la verificación de todos estos pasos:

Tabla 11: Protocolo de operación final.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	SÍ	NO
1	Cerrar el paso de aire desde la válvula principal.		
2	Cerrar el paso de la válvula de arena.		
3	Apagar el S.E.P.		
4	Desactivación de la luz interna de la cabina.		
5	Realizar el drenaje de abrasivo que se encuentra en el sistema de recolección de la cabina de arenado.		
6	Realizar el retiro de arena que se encuentra en el S.E.P.		
7	Cerrar la compuerta principal del ingreso de piezas.		
8	Verificación de los sistemas para un próximo uso.		

Fuente: Elaborado por los autores.

4.2.4.2. PROTOCOLO DE OPERACIÓN DE SEGURIDAD

Para inicio de operación se debe realizar la verificación de todos estos pasos

Tabla 12: Protocolo de operación de seguridad.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	SÍ	NO
1	Antes de realizar el trabajo realizar el protocolo de inicio de operación.		
2	Utilizar en todo momento los EPP's de seguridad.		
3	Verificación del estado de la compuerta de ingreso de piezas.		
4	Realizar la operación con la adecuada presión a trabajar.		
5	Al término realizar el protocolo de fin de operación.		

Fuente: Elaborado por los autores.

4.2.5. ANÁLISIS ECONÓMICO

a) Costos de materia prima

$$MP = S/ 1,570.60$$

b) Costo de fabricación y mano de obra

$$CF = S/ 197.06$$

c) Costos indirectos

$$CI = S/ 300.00$$

d) Valor de la cabina de arenado

$$V_{CA} = S/ 2,067.66$$

e) Periodo de retorno de la inversión

$$PRI \cong 3 \text{ meses}$$

f) Herramientas financieras

Para el análisis del *VAN* y *TIR*, según la Superintendencia de Banca y Seguros del Perú, indica que la tasa de interés promedio es de 12.50% con un periodo promedio de 3 meses.

Utilizando Microsoft Excel para los cálculos, se determinó que el valor neto es de $S/ 647.12$ y la tasa de interés de rentabilidad 11.62%.

V. DISCUSIÓN

5.1. Se realizó una guía de observación en la empresa para recopilar los datos sobre los elementos mecánicos de suspensión y transmisión, los elementos comunes que requieren una restauración son: junta homocinética, trapecio, cremallera y rótulas, por lo que hallamos que la mayoría de estos son de material de acero, tienen un largo de entre 6 a 22 [pulg], y un peso promedio de entre 0.2 a 10 [kg]. En la investigación previo según Marín (2016), recolectó datos sobre partes de motores y sistemas de vehículos, los cuales son similares a las de suspensión, sobre el material y tamaño.

5.2. Se realizó una matriz de selección, ya que existen diversos tipos de cabinas, las cabinas económicas, presurizadas, tipos otra y ranuradas. También se entrevistó al personal de la empresa "Tecnico Centro Emilio" porque se les había consultado sobre las especificaciones del diseño, con ellos obtenemos que la cabina económica es la más adecuada a las necesidades de la empresa. Luego se realizó una matriz morfológica para establecer configuraciones de diseño de la cabina seleccionada. Una vez establecido se realizó una matriz de selección para las configuraciones de diseño, con esto obtenemos las configuraciones necesarias para las necesidades de la empresa.

Se obtuvo la selección del compresor de aire mediante la necesidad del caudal que es de: $0.00014 \text{ [m}^3/\text{s]}$, teniendo en cuenta una salida de arena hacia el inyector de 5.6197 [m/s] por lo que el compresor necesario para este caudal es de 8.87 [HP] , para una presión de 6 [bar] . También obtenemos una velocidad de salida en la boquilla de aire y arena de 30.3088 [m/s] , para un inyector de 4 [mm] .

Según Marín (2016), implementó una cabina de arenado económica por succión, quien obtuvo resultados utilizando un inyector de 5 [mm] , obtuvo datos de caudal de $0.007701 \text{ [m}^3/\text{s]}$, con una salida de arena hacia el inyector de 10.275 [m/s] , por lo que necesita un compresor de 2 [HP] a 14 [pcm] .

Según el libro de Ingeniero Mecánico Marks, recomienda que, para la salida de la arena dentro del aire, salida de la mezcla aire-arena en la boquilla, una velocidad de 35 [m/s].

Por lo tanto, nuestros datos obtenidos mediante el uso de un inyector de 4 [mm], son respaldados.

5.3. Para el análisis económico se realizó mediante la suma de materia prima, costos de fabricación y mano de obra, más los costos indirectos (gastos imprevistos), el cual el valor de la cabina de arenado es de S/ 2,067.66, precio estimado al valor del mercado, ya que de estas cabinas existen muy pocas en Trujillo – Perú. También obtenemos un PRI de 3 meses, un VAN de S/ 647.12 y un TIR de 11.62%.

Por lo que fabricar una cabina económica, a necesidad de los requerimientos necesarios, es más factible que comprar al mercado, y porque no existen variedades de cabinas en Trujillo.

VI. CONCLUSIONES

6.1. La guía de observación obtenida sobre los elementos de suspensión más comunes a la hora de realizar mantenimiento y/o restauración en la empresa Tecnicentro Emilio, nos permitió saber que limitaciones debe tener la cabina de arenado, por lo que al saber que las piezas son mayormente de acero y al contar con poca área a arenar, el proceso de arenado cuenta con un proceso de operación corto.

6.2. Se ha seleccionado una cabina de arenado económica y mediante succión, ya que al tener piezas pequeñas y con algunas partes delicadas, este proceso es el más adecuado, mediante el método de análisis de elementos finitos en el programa SolidWorks la cabina de arenado es de material ASTM A-36 el esfuerzo de Von Mises nos da un límite elástico máximo de $2.5 \cdot 10^8 [N/m^2]$, también se obtuvo un FDS de 3.8. En el proceso de arenado, se selecciona los elementos que cuenta este, por lo que se selecciona un compresor de 8.87 [HP] y que tenga un caudal de $0.00014 [m^3/s]$, para las mangueras de aire comprimido con capacidad nominal de 300 [psi] de diámetro de $1/4 [pulg]$ y una longitud de 5 [m] y 0.50 [m], válvula reguladora de presión con capacidad de hasta 120 [psi] y conectores de diámetro $1/4 [pulg]$, para la manguera de arena con capacidad nominal de 300 [psi] de diámetro $5/8 [pulg]$ y una longitud de 3 [m], válvula de bola de acero inoxidable de $5/8 [pulg]$, pistola de succión de trabajo de 90 [psi], boquilla de salida de aire-arena de cerámico.

6.3. Mediante las pruebas de funcionamiento de acabado superficial aplicadas a los elementos de suspensión, se determinó que cada pieza no supera los 5 [min] de proceso de operación, también se determina que cada pieza consume $60 [m^3/s]$ de aire comprimido aproximadamente.

6.4. El análisis económico determinó que el valor de la cabina de arenado es de S/ 2,067.66, el cual lo hace viable la ejecución del proyecto, ya que su costo es bajo, y un PRI de 3 meses, VAN de S/ 647.12, y TIR del 11.62%.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Se recomienda que, para una mayor eficiencia del proceso de arenado, utilizar arena sin humedad, pues esta ayuda a dar un flujo constante, ayudando a no generar paros de trabajo o problemas en la pistola de succión.

7.2. Por lo que respecta al compresor de aire, que es un equipo crucial para las actividades, se aconseja realizar un mantenimiento preventivo y respetar las directrices de funcionamiento y seguridad. De este modo, evitamos que se produzcan fallos durante el procedimiento de arenado.

7.3. Para disminuir los riesgos durante el proceso de arenado, se recomienda capacitar al personal sobre el correcto uso de este proceso.

7.4. En el momento de retirar la pieza sometida al proceso de arenado, se recomienda activar la aspiradora hasta no ver polvo o contar a la mano un dispositivo que aspire la nube de polvo generada dentro de la cabina por seguridad y para evitar enfermedades respiratorias.

REFERENCIAS

ASTM, N. *Structural Welding Code Steel*. Philadelphia: Amoco.

Aymosa.com, 2011. <https://aymsa.com/equipos-de-chorrear/>

AGUILAR, EDILBERTO. *Diseño de un sistema de arenado para mejorar el acabado superficial de tanques estacionarios de combustible, Chiclayo 2017*. Chiclayo, 2017.

APAZA, HUGO. *Uso correcto de la maquina sandblasting*. México: Universidad Nacional de México, 2019.

BAKER, J. *Diseño de elementos de máquinas*. Estados Unidos: Akal, 2018.

BUDYNAS E. y NISBETT J., *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Ciudad de Mexico, Mexico, Editorial: Mc Graw-Hill Interamericana. 2008.

CALDERON, LENIN, *Diseño de granalladora para mejorar limpieza de piezas pequeña y medianas de hierro gris en empresa FUNDINORTE S.A.C. – CHICLAYO*, Trujillo, Perú 2017.

CARRIÓN, EMILIO. *Análisis de elementos sometidos a fluidos abrasivos*. Lima: Editores G&J, 2015.

CUPITA, HANS. *El efecto de la corrosión en estructuras metálicas*. Lima: Ajun Editores, 2017.

DALTÓN, JAHES. *Diseño de elementos finitos*. Lima: Universidad Nacional de Trujillo, 2017.

DUGLAS, JESÚS. *Matriz de selección de equipos*. España: Editores Libros, 2018.

ESPINOZA, ALFONSO, *Diseño y simulación de una cabina de sandblasting para limpieza superficial con sistema de recirculación de granalla para válvulas tipo compuerta de 4" diámetro*, Quito 2015.

FHET, L. *Matriz de Pugh*. Estados Unidos: Akal, 2019. 276 p.

FLAMENCO Y BELLOSO. *Diseño y construcción de un sistema semi-automático de granallado para uso didáctico*. El Salvador, 2014.

GARCÍA, F. *Elementos finitos computarizado*. Lima: Universidad Nacional del Callao, 2019. 177 p.

GlobalPetrolPrice.com, *Perú precios de la electricidad*, https://es.globalpetrolprices.com/Peru/electricity_prices/

HERNÁNDEZ, G. D. *VIBRACIONES MECANICAS*. Concepción: UTFSM - SEDE CONCEPCIÓN. 2007.

National Instruments, 2015. *National instruments-ESA*. Obtenido de <http://www.ni.com/labview/requirements/esa/>

NIEMANN, G. *Elementos De Máquinas* (Segunda ed.). Barcelona: Labor S.A. 1997

MARÍN, JOSÉ. *Diseño, construcción e implementación de una cabina de sandblasting para la restauración y mantenimiento de partes de motores y sistemas del vehículo*. Quito, Ecuador, 2016.

MARTÍNEZ MARÍA Y FLORES RONNY. *Remediación de agua contaminada con petróleo utilizando pennisetum clandestinum como bioadsorbente*. Quito, Ecuador. 2012.

MATOS, PABLOS. *Detección de adulteraciones de combustibles de uso en el parque automotor peruano*. Perú, 2002.

MOTT, R. L. *Resistencia de los materiales*. México D.F.: PEARSON EDUCATION. 2009.

NORTON, r. L. (2011). *Diseño De Maquinas - Un Enfoque Integrado* (Vol. CUARTA). MÉXICO D.F.: PEARSON.

PIÑA, OSCAR. *Lavado In Situ de un suelo contaminado con diésel, asistido con surfactantes*. México: Zacatenco, 2012.

QUIJORNA, A. J. (2007). *ELEMENTOS DE MÁQUINAS*. Castilla: Ediciones Universidad de Castilla.

SARABIA, EDGAR. *Estudio de la influencia de los parámetros del proceso de sandblast sobre acabado superficial de placas metálicas de acero AISI 1018. caso de estudio: construcciones industriales tapia*. México: Hidalgo, 2017.

TORRES, SANTIAGO. *Diseño y construcción de un prototipo de una estación de limpieza mecánica mediante el proceso de sandblasting utilizando granalla mineral en ciclo continuo para una unidad de manteniendo y transporte*. Ecuador: Sangolqui, 2013.

ZAPATA, VAZLES. *Corrosión en metales y no metales*. Lima: Ingenieros Editores, 2016.

ANEXOS

Anexo 1: Operacionalización de Variables.

Variable	Tipo	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de Medición
Características del proceso de arenado para piezas mecánicas	Variable Independiente	El proceso de arenado es considerado como un método que se usa en diversos sectores en una industria, porque ofrece diversas aplicaciones como limpiar, alisar, pulir y traspasar cualquier superficie (Wilco, 2016).	Será definido considerando los parámetros del proceso de arenado	Parámetros del proceso de arenado.	Presión de servicio [<i>psi</i>] Flujo volumétrico del fluido [m^3/s] Flujo volumétrico del abrasivo [m^3/s]	De razón
Especificaciones técnicas de la cabina de arenado	Variable Dependiente	Es el recinto cerrado donde se proyecta el abrasivo a elevada velocidad y donde están contenidas las piezas a granallar. (Spiegato, 2022)	Dependerá de la cantidad de pasadas para desprender la capa de óxido de hierro, grasa y aceite eficazmente.	Cantidad de pasadas para desprender los residuos.	Tiempo de procesamiento [<i>minutos</i>] Número de pasadas Dimensiones	De razón

Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables.

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>¿Cuáles son las características que debe tener el diseño de una cabina de arenado para el mantenimiento de elementos mecánicos de suspensión y transmisión?</p>	<p>Objetivo general: Diseñar e implementar una cabina de arenado para el mantenimiento de elementos mecánicos de suspensión y transmisión en el taller “Tecnico Centro Emilio”.</p>	<p>Variable independiente: Características del proceso de arenado para piezas mecánicas</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada</p>
	<p>Objetivos específicos: (1) Recopilar los datos de los elementos mecánicos de suspensión y transmisión en la empresa para un proceso de arenado “Tecnico Centro Emilio”. (2) Diseñar y seleccionar los elementos de la cabina de arenado para el mantenimiento de elementos mecánicos de suspensión y transmisión. (3) Implementar y desarrollar pruebas de funcionamiento del sistema de arenado para la puesta en punto. (4) Establecer un protocolo de operación y seguridad. (5) Realizar el levantamiento de planos de fabricación del diseño seleccionado.</p>	<p>Variable independiente: Especificaciones técnicas de la cabina de arenado</p>	<p>Nivel de investigación: Deductivo</p>
			<p>Diseño de investigación: Experimental</p>
			<p>Población: Cabinas de arenado.</p>
			<p>Muestra: Cabinas de arenado</p>
			<p>Técnica: Análisis documental, Observación y encuesta.</p>
<p>Instrumentos: Fichas de registro, ficha de observación y encuesta.</p>			

Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 3: Ficha documental.

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA
DE ARENADO PARA EL MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS MECÁNICOS
DE SUSPENSIÓN Y TRANSMISIÓN EN EL TALLER TECNICENTRO EMILIO
EN TRUJILLO”**

Objetivo: Obtener la ficha técnica del compresor.

Dirigido: Compresora Romer 10 *HP*.

Empresa	TECNICENTRO EMILIO
Ubicación de la empresa	Av. Condorcanqui nro. 1005 parte baja, La Esperanza, La Libertad, Perú
Autores	Palacios Plasencia, Jorge Antonio y Neciosup Ríos, Pedro Jesús Fernando

Ficha técnica

Modelo RS 100	
Presión de aire	120 [<i>psi</i>]
Motor eléctrico	10 [<i>HP</i>]
Revoluciones del motor	1800 [<i>rpm</i>]
Volumen de aire comprimido	36 [<i>pcm</i>]
Revoluciones del cabezal	850 [<i>rpm</i>]
Volumen del tanque	130 [<i>gal</i>]
Peso	400 [<i>kg</i>]
Dimensiones externas	185 x 62 x 130 [<i>cm</i>]

Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 4: Guía de observación.

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA
DE ARENADO PARA EL MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS MECÁNICOS
DE SUSPENSIÓN Y TRANSMISIÓN EN EL TALLER TECNICENTRO EMILIO
EN TRUJILLO”**

Empresa	TECNICENTRO EMILIO
Ubicación de la empresa	Av. Condorcanqui nro. 1005 parte baja, La Esperanza, La Libertad, Perú
Autores	Palacios Plasencia, Jorge Antonio y Neciosup Ríos, Pedro Jesús Fernando

Objetivo: Observar el área asignada y las piezas mecánicas de suspensión y transmisión.

N.º	Datos	Unidades	Valores
1	Área para cabina de arenado		
2	Distancia de punto de salida de aire comprimido hasta la cabina de arenado		
3	Diámetro de acople rápido de salida de aire comprimido		

N.º	Datos	Unidades	Valores	Material	Área Arenar
1	Dimensión general de junta homocinética				
2	Dimensión general de trapecio				
3	Dimensión general de cremalleras				
4	Dimensión general de rótulas				
5	Piezas varias: pernos, tuercas, ejes, cardanes				

Fuente: Elaborado por los autores.

GUÍA DE ENTREVISTA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA
DE ARENADO PARA EL MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS MECÁNICOS
DE SUSPENSIÓN Y TRANSMISIÓN EN EL TALLER TECNICENTRO EMILIO
EN TRUJILLO”**

Encuesta para evaluar a trabajadores de la empresa

PREGUNTAS:

1. ¿Cuáles son las piezas mecánicas más comunes que requieren trabajos de limpieza?

2. ¿Qué características principales desearía que tenga la cabina de arenado?

3. ¿Cuánto tiempo toma para la limpieza manual con hidrocarburos para una pieza mecánica?

4. ¿Cuáles son los hidrocarburos que utilizan para la limpieza de las piezas mecánicas?

5. ¿Utilizan algún EPP para el procedimiento de la limpieza?

6. ¿Tienen protocolos para la limpieza de las piezas mecánicas?

Anexo 6: Página del jurado.

PÁGINA DEL JURADO

“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA DE ARENADO PARA LA RESTAURACIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS DE SUSPENSIÓN Y TRANSMISIÓN EN EL TALLER “TECNICENTRO EMILIO” EN TRUJILLO”

Neciosup Ríos, Pedro Jesús Fernando

Palacios Plasencia, Jorge Antonio

Presentado a la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo de Trujillo, para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista.

Ing. Tejeda Ponce Alex Deivi

Presidente

Ing. Inciso Vásquez Jorge Antonio

Secretario

Ing. Julca Verastegui Luis Alberto

Vocal

Anexo 7: Declaratoria de autenticidad.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Neciosup Ríos Pedro Jesús Fernando con DNI: 72313741 y Palacios Plasencia Jorge Antonio con DNI: 48495234 de la escuela profesional Ingeniería Mecánica Eléctrica, autores del proyecto tesis titulada: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA DE ARENADO PARA LA RESTAURACIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS DE SUSPENSIÓN Y TRANSMISIÓN EN EL TALLER “TECNICENTRO EMILIO” EN TRUJILLO.

Testificamos que todos los datos presentados son originales basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica en la facultad de ingeniería de la Universidad César Vallejo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Trujillo, Diciembre de 2022.

Anexo 8: Elementos mecánicos de suspensión y transmisión.

N.º	ÍTEM	IMAGEN	DIMENSIÓN	MATERIAL	ÁREA A ARENAR	PESO	OBSERVACIÓN
1	Junta Homocinética		6 [pulg]	Acero	10 [cm ²]	0.5 [kg]	-Concentración de grasa dentro de la junta
2	Trapezio		22 [pulg]	Acero	20 [cm ²]	3 [kg]	-Sin problemas para el proceso de arenado
3	Cremallera		8 [pulg]	Acero Aluminio	10 [cm ²]	4 [kg]	-Proteger partes de aluminio
4	Rótula		10 [pulg]	Acero	10 [cm ²]	1.5 [kg]	-Proteger el guardapolvo
5	Piezas Varias	—	—	Acero	—	0.2 a 2 [kg]	-Pernos y tuercas -Ejes -Varillas estabilizadoras -Soportes de amortiguadores

Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 9: Resumen de la entrevista para determinar las necesidades de diseño.

N°	ENTREVISTADO	SITUACIÓN ACTUAL	CARÁCTERÍSTICAS PRINCIPALES	ELEMENTOS MECÁNICOS MÁS COMUNES	DIMENSIONES IDEALES
1	RAMOS MONCADA EMILIO	Problemas en el tiempo de proceso de limpieza	Calidad de proceso Facilidad de operación	Palier Trapecio	1.20x0.60x1.20 [m]
2	RAMOS ESPINOZA VÍCTOR	Demasiada contaminación a la hora del proceso de limpieza	Tiempo de proceso Facilidad de operación	Palier Trapecio Cremallera Rótulas	1.00x0.50x1.20 [m]
3	RÍOS VALENCIA GUILLERMO	El proceso de arenado mediante una cabina, aumentaría el proceso de limpieza	Mantenimiento Calidad de proceso Seguro	Palier Trapecio Cremallera	1.20x0.80x1.00 [m]

Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 10: Requerimientos cuantitativos de diseño.

ÍTEM	CALIDAD DE PROCESO	TIEMPO DE PROCESO	FACILIDAD DE OPERACIÓN	MANTENIMIENTO	SEGURIDAD	DISEÑO	TOTAL
E1	5	4	4	2	3	2	20
E2	5	4	4	3	3	4	23
E3	5	4	4	2	4	3	22
	15	12	12	7	10	9	65
	23%	18%	18%	11%	16%	14%	100%

E= Entrevistado.

Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 11: Matriz de selección de conceptos de solución.

MATRIZ DE SELECCIÓN DE CONCEPTOS DE SOLUCIÓN		CABINA ECONÓMICA		CABINA TÍPICA PRESURIZADA		CABINA TIPO OSTRA		CABINA TIPO RANURADA	
CRITERIO	IMPORTANCIA	PJ	PO	PJ	PO	PJ	PO	PJ	PO
CALIDAD DE PROCESO	23%	4	0.92	5	1.15	5	1.15	4	0.92
TIEMPO DE PROCESO	18%	4	0.72	5	0.90	3	0.54	5	0.90
FACILIDAD DE OPERACIÓN	18%	5	0.9	3	0.54	4	0.72	3	0.54
MANTENIMIENTO	11%	5	0.55	2	0.22	3	0.33	2	0.22
SEGURIDAD	16%	3	0.48	3	0.48	4	0.64	1	0.16
DISEÑO	14%	4	0.56	3	0.42	2	0.28	1	0.14
ACUMULADO	100%	–	4.13	–	3.71	–	3.66	–	2.88

PJ= Puntaje PO=Puntaje Ponderado

Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 12: Matriz morfológica de diseño de configuración.

CARACTERÍSTICAS	ALTERNATIVAS		
	1	2	3
UBICACIÓN DEL TANQUE DEL ABRASIVO	LATERAL	INCRUSTADO	
TIPO DE ACCIONADOR	PEDAL NEUMÁTICO	PISTOLA DE SUCCIÓN	
SUJECIÓN DE COMPUERTA	CIERRE MEDIANTE PALANCA	SUJETADOR EMPERNADO	GERROJO
MESA DE APOYO	FIJO	GIRATORIO	
VISOR	VIDRIO TEMPLADO	ACRÍLICO	VIDRIO
EXTRACCIÓN DE POLVO	ASPIRADORA	TURBINA ELÉCTRICA	SIN EXTRACCIÓN
	CONFIGURACIÓN N° 1	CONFIGURACIÓN N° 2	CONFIGURACIÓN N° 3

Fuente: Elaborado por los autores.

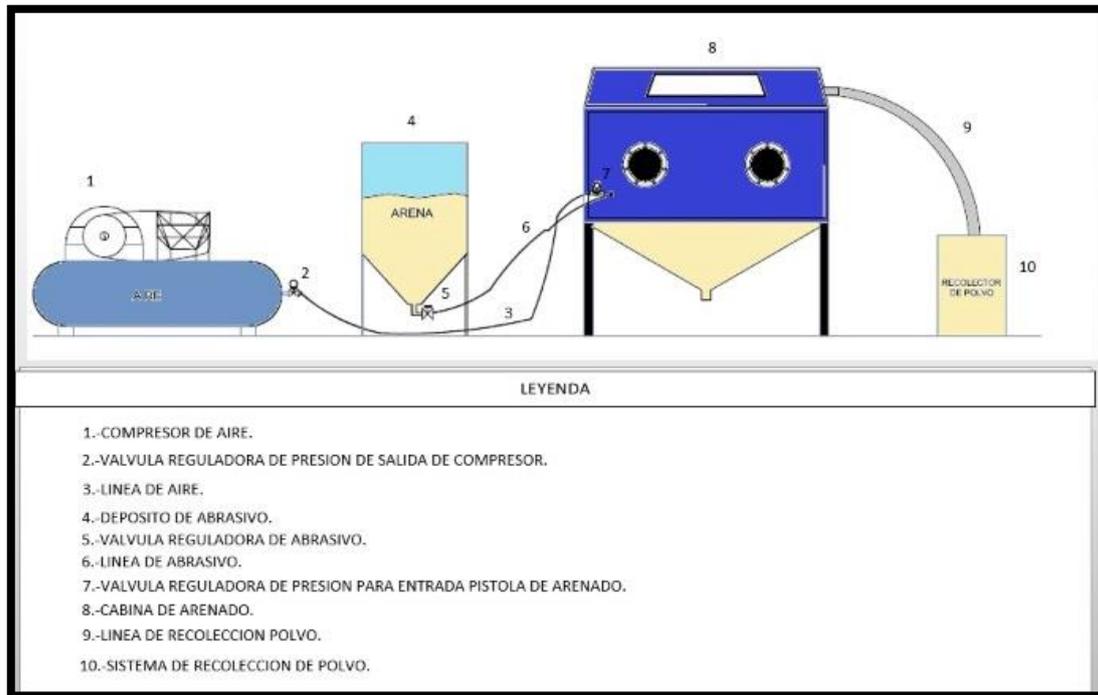
Anexo 13: Matriz de selección de diseño de configuración.

CRITERIO	IMPORTANCIA	DISEÑO DE CONFIGURACIÓN					
		CONFIGURACIÓN N°. 1		CONFIGURACIÓN N°. 2		CONFIGURACIÓN N°. 3	
		PJ	PO	PJ	PO	PJ	PO
SEGURIDAD	20%	4	0.8	2	0.4	4	0.8
DISPONIBILIDAD	20%	3	0.6	3	0.6	3	0.6
FABRICACIÓN	10%	3	0.3	2	0.2	3	0.3
MANTENIMIENTO	20%	2	0.4	4	0.8	3	0.6
ENSAMBLE	10%	2	0.2	3	0.3	3	0.3
COSTO	20%	2	0.4	2	0.4	3	0.6
ACUMULADO	100%	—	2.7	—	2.7	—	3.2

PJ= Puntaje PO=Puntaje Ponderado

Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 14: Elementos del proceso de arenado.



Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 15: Relación de Presión-Caudal.

Inyector [mm]	Presión [bar]							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2	75	110	145	180	220	255	290	325
2.5	115	170	225	285	340	400	455	510
3	165	245	325	410	490	575	655	735
4	290	435	580	725	875	1020	1165	1310
4.5	365	550	735	920	1100	1285	1470	1655
5	455	680	910	1135	1365	1590	1820	2045

Fuente: Aymosa.com, 2011.

Para los cálculos, se tomó en cuenta un inyector de 4 [mm], por lo que la presión es de 6 [bar], por lo que como resultado es un caudal de 1020 [lt/min].

Anexo 16: Tipos de arena según las granulometrías más usadas.

TIPO	CLASE	DIÁMETRO EFECTIVO [mm]	DIÁMETRO PORO [mm]	EQUIVALENTE DE MESH
GRANITO MOLIDO	N° 8	1.50	0.214	80
GRANITO MOLIDO	N° 11	0.78	0.111	140
ARENA SÍLICE	N° 16	0.66	0.094	170
ARENA SÍLICE	N° 18	0.56	0.080	200
ARENA SÍLICE	N° 20	0.46	0.066	230
ARENA SÍLICE	N° 30	0.27	0.039	400

Fuente: Sarabia, 2017.

Para efectos de cálculo se selecciona una partícula de arena sílica malla #20.

Anexo 17: Compresor de aire.

Para el dimensionamiento del compresor tenemos:

a) Velocidad de salida de la arena

$$V_y = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot W}{A_{abr} \cdot P_a \cdot C}}$$

Dónde:

V_y : Velocidad

g : Gravedad

A_{abr} : Área de la arena

P_a : Peso específico del aire

C : Coeficiente de la resistencia de la partícula

Hallamos el volumen, por lo que:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

Dónde r es el radio del inyector de la pistola, por lo que es 2 [mm] y V es el volumen.

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (2mm)^3 = 33.5103 [mm^3]$$

Entonces:

$$m = \rho \cdot V$$

Dónde:

m : masa de la partícula

ρ : Densidad de la partícula

Reemplazamos:

$$m = \frac{1760 [kg]}{[m^3]} \cdot 33.5103mm^3 \cdot \left(\frac{[m^3]}{(1000[mm])^3} \right) = 0.00005 [kg]$$

$$W = g \cdot m = 9.81[m/s^2] \cdot 0.00005[kg] = 0.0004905[N]$$

Hallamos el área del abrasivo, dónde:

$$A_{abr} = 4 \cdot \pi \cdot r^2$$

$$A_{abr} = 4 \cdot \pi \cdot (2[mm])^2 = 50.2655[mm^2] = 0.00005026[m^2]$$

El coeficiente para la arena angular es $C = 0.47$

Entonces tenemos:

$$V_y = \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81m/s^2 \cdot 0.0004905N}{0.00005026m^2 \cdot 12.9N/m^3 \cdot 0.47}} = 5.6197[m/s]$$

b) Cálculo del área en el inyector de la arena

$$A_{ia} = \pi \cdot r^2$$

Para el inyector se considera el diámetro de $5/8[pulg]$, por lo que $r = 7.9375[mm]$.

$$A_{ia} = \pi \cdot (7.9375[mm])^2 = 24.9364[mm^2] = 0.00002493[m^2]$$

c) Cálculo del caudal en el inyector de la arena

$$Q_{ia} = V_y \cdot A_{ia}$$

$$Q_{ia} = 5.6197[m/s] \cdot 0.00002493[m^2] = 0.00014[m^3/s]$$

d) Cálculo del compresor de aire

En base al caudal requerido para la inyección de la arena, se determina que el caudal necesario de aire es el valor determinante para la dimensión del compresor, por lo que:

$$P = 0.735 \cdot (p + 3) + Q$$

Dónde:

P : Potencia

p : Presión

Q : Caudal

$$P = 0.735 \cdot (6\text{bar} + 3) + 0.000014\text{m}^3/\text{s} = 6.615\text{kW} \cong 8.87 [\text{HP}]$$

En la siguiente figura se muestra como la arena cae por gravedad y también es succionada por el aire comprimido.

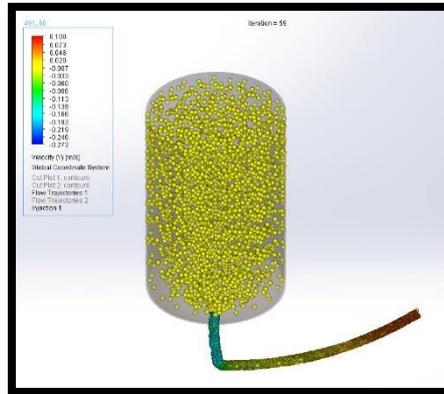


Figura 21: Simulación de la salida de la arena mediante succión por aire comprimido.

Fuente: SolidWorks 2020.

Anexo 18: Manguera de aire comprimido.

Para el cálculo de la manguera de aire comprimido tenemos

a) Velocidad del aire comprimido

$$U_{aire} = \frac{\dot{V}_{aire}}{S_{mac}}$$

Dónde:

U_{aire} : Velocidad de aire comprimido.

\dot{V}_{aire} : Flujo volumétrico de aire comprimido.

S_{mac} : Área transversal de la manguera de aire comprimido.

Para:

$$S_{mac} = \frac{\pi \cdot (d_{mac})^2}{4}$$

Se escoge una manguera con diámetro interno de 1/4[pulg] lo que equivale a 0.00635[m²].

Entonces:

$$S_{mac} = \frac{\pi \cdot (0.00635m)^2}{4} = 0.00003[m^2]$$

La velocidad del aire es:

$$U_{aire} = \frac{0.017[m^3/s]}{0.00003[m^2]} = 566.6666[m/s]$$

b) Fuerza del aire producida en las paredes superficiales de la manguera

$$F_{acm} = P_{aire} \cdot A_{lmac}$$

Dónde:

F_{acm} : Fuerza de aire comprimido en la manguera.

P_{aire} : Presión del aire, la manguera debe estar disponible para soportar la capacidad máxima permitida por el compresor de aire de 8[bar].

A_{lmac} : Área lateral de la manguera de aire comprimido

Para:

$$A_{lmac} = \pi \cdot d_{mac} \cdot L_{mac}$$

La manguera tiene un diámetro de $1/4$ pulg con una longitud de 5m.

$$A_{lmac} = \pi \cdot 0.00635[m] \cdot 5[m] = 0.5733[m^2]$$

La fuerza de aire comprimido es:

$$F_{acm} = 8 \cdot 10^5[Pa] \cdot 0.5733[m^2] = 458640[N] = 458.64[kN]$$

c) Flujo másico de aire comprimido

$$\dot{m}_{aire} = \rho_{aire} \cdot \dot{V}_{aire}$$

Dónde:

\dot{m}_{aire} : Flujo másico de aire comprimido.

ρ_{aire} : Densidad del aire comprimido a una temperatura de operación de 20[°C], con un valor de 1.204 [kg/m³].

\dot{V}_{aire} : Flujo volumétrico del aire comprimido.

$$\dot{m}_{aire} = 1.204[kg/m^3] \cdot 0.017[m^3/s] = 0.02047[kg/s]$$

Anexo 19: Válvula de aire comprimido con regulador

a) Fuerza del aire comprimido sobre la válvula

$$F_{aire} = P_{aire} \cdot S$$

La válvula debe estar disponible para trabajar a la presión máxima de 8[bar] entregada por el compresor, la sección transversal es de 0.00003[m²].

$$F_{aire} = 8 \cdot 10^5 [Pa] \cdot 0.00003 [m^2] = 24 [N]$$

b) Fuerza de salida del aire comprimido

La fuerza se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F_s = \dot{m}_{aire} \cdot U_{aire}$$

$$F_s = 0.02047 [kg/s] \cdot 566.6666 [m/s] = 11.5997 [N]$$

Anexo 20: Manguera de aire después de la válvula.

a) Fuerza del aire producida en las paredes superficiales de la manguera

$$F_{acm} = P_{aire} \cdot A_{mang}$$

Dónde:

F_{acm} : Fuerza de aire comprimido en la manguera.

P_{aire} : Presión del aire, la manguera debe estar disponible para soportar la presión de servicio de 6[bar].

A_{mang} : Área lateral de la manguera de aire comprimido.

$$A_{mang} = \pi \cdot d_{mang} \cdot L_{mang} = \pi \cdot 0.00635[m] \cdot 0.5[m] = 0.00997[m^2]$$

$$F_{acm} = 6 \cdot 10^5[Pa] \cdot 0.00997[m^2] = 5982[N]$$

Anexo 21: Manguera de la arena

a) Presión en la manguera de la arena

$$P_{arena} = \frac{F_s}{S}$$

Dónde la sección transversal es: $S = 0.00019m^2$

$$P_{arena} = \frac{11.5997[N]}{0.00019[m^2]} = 61051.0526[Pa]$$

b) Fuerza en las paredes laterales de la manguera de la arena

$$F_m = P_{arena} \cdot A_{mm}$$

Dónde:

F_a : Fuerza de la arena en las paredes laterales de la manguera.

P_{arena} : Presión de la arena

A_{ma} : Área de la manguera de la arena.

$$A_{mm} = \pi \cdot d_{ma} \cdot L_{mm}$$

La manguera tiene un diámetro de $5/8[pulg]$ con una longitud de $3[m]$.

$$A_{mm} = \pi \cdot 0.015875[m] \cdot 3[m] = 0.1496[m^2]$$

La fuerza en las paredes laterales es:

$$F_m = 61051.0526[Pa] \cdot 0.1496[m^2] = 9133.2375[N] = 9.13[kN]$$

c) Pérdidas de presión en la manguera de la arena

Hallamos primero el número de Reynolds con la siguiente fórmula:

$$Re = \frac{\rho_a \cdot V_a \cdot d_{ma}}{\mu_a}$$

Dónde:

ρ_a : Densidad de la arena y aire $880.602[kg/m^3]$

V_a : Velocidad media $5.6197[m/s]$

d_{ma} : Diámetro de la manguera de la arena $0.015875[m]$

μ_a : Viscosidad de la arena $2.052 \cdot 10^{-5} [Pa \cdot s]$

Por lo tanto, tenemos:

$$Re = \frac{880.602 [kg/m^3] \cdot 5.6197 [m/s] \cdot 0.015875 [m]}{2.052 \cdot 10^{-5} [Pa \cdot s]} = 38.285 \cdot 10^5$$

Factor de fricción: Por la ecuación de Colebrook. Donde la rugosidad de la manguera de poliuretano, tiene una rugosidad absoluta de 0.0015mm.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon/d_{ma}}{3.7 \cdot d_{int}} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\frac{0.0015 [mm]}{15.875 [mm]}}{3.7} + \frac{2.51}{38.285 \cdot 10^5 \cdot \sqrt{f}} \right)$$
$$f = 0.0123$$

De la ecuación de Darcy – Weisbach, las pérdidas mayores son:

$$hp_M = f \cdot \frac{L}{d_{ma}} \cdot \frac{V_a^2}{2g}$$
$$hp_M = 0.0123 \cdot \frac{3m}{0.015875m} \cdot \frac{(5.6197 [m/s])^2}{2 \cdot 9.81 [m/s^2]} = 3.7414 [m]$$

Anexo 22: Boquilla de la pistola.

Para los cálculos se escoge una boquilla de 4[mm] de diámetro.

a) Velocidad en la salida de la boquilla

$$U_{boq} = \frac{\dot{m}_m}{\rho_a \cdot S_b}$$

Dónde:

U_{boq} : Velocidad de la mezcla en la salida de la boquilla.

\dot{m}_m : Flujo másico de la mezcla.

ρ_a : Densidad de la mezcla.

S_b : Sección transversal de la boquilla.

$$\dot{m}_m = m_{arena} + m_{aire}$$

$$\dot{m}_m = (0.00014[m^3/s] \cdot 1760[kg/m^3]) + 0.02047[kg/s] = 0.2669[kg/s]$$

$$S_b = \frac{\pi \cdot d_b^2}{4}$$

$$S_b = \frac{\pi \cdot (0.004[m])^2}{4} = 0.00001[m^2]$$

Entonces tenemos:

$$U_{boq} = \frac{0.2669[kg/s]}{880.602[kg/m^3] \cdot 0.00001[m^2]} = 30.3088[m/s]$$

b) Presión a la salida de la boquilla

Aplicaremos la ecuación de energía de Bernoulli.

$$\frac{P_1}{\rho_a \cdot g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho_a \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + Z_2$$

Dónde:

P_1 : Presión de entrada a la boquilla.

P_2 : Presión de salida a la boquilla.

ρ_a : Densidad de la mezcla.

V_1 : Velocidad de entrada a la boquilla.

V_2 : Velocidad de salida a la boquilla.

Z_1, Z_2 : Altura geodésica.

$$\frac{61051.0526[Pa]}{880.602[kg/m^3] \cdot 9.81[m/s^2]} + \frac{(5.6197[m/s])^2}{2 \cdot 9.81[\frac{m}{s^2}]} + 0$$
$$= \frac{P_2}{880.602[kg/m^3] \cdot 9.81[m/s^2]} + \frac{(30.3088[m/s])^2}{2 \cdot 9.81[m/s^2]} + 0$$

$$P_2 = -329514.5721[Pa] = -3.2951[Bar]$$

c) Fuerza de salida en la boquilla.

$$F_2 = P_2 \cdot S_b$$

$$F_2 = 329514.5721[Pa] \cdot 0.00001[m^2] = 3.2951[N]$$

Anexo 23: Aspirador de polvo.

Para extraer el polvo y partículas contaminantes durante el proceso de arenado que quedan esparcidos dentro de la cabina, se utilizó una aspiradora.

a) Caudal necesario para extracción de polvo

$$Q = S \cdot V$$

Dónde:

Q : Caudal requerido por la cabina.

V : Velocidad de entrada de las partículas a la cabina.

S : Sección del conducto.

$$Q = 0.0005067075[m^2] \cdot 30.3088[m/s] = 0.01535[m^3/s]$$

Anexo 24: Cabina de la cabina de arenado.

La cabina de arenado está diseñada para realizar trabajos de limpieza superficial a partes de elementos mecánicos de suspensión, con volúmenes que no excedan un peso de 10kg, por lo que un peso mayor se dificulta en la manipulación del elemento dentro de la cabina y compromete el diseño de la estructura, desde la malla de trabajo hasta la estabilidad del equipo de arenado.

Para el cálculo del volumen de la cabina se utiliza la siguiente fórmula:

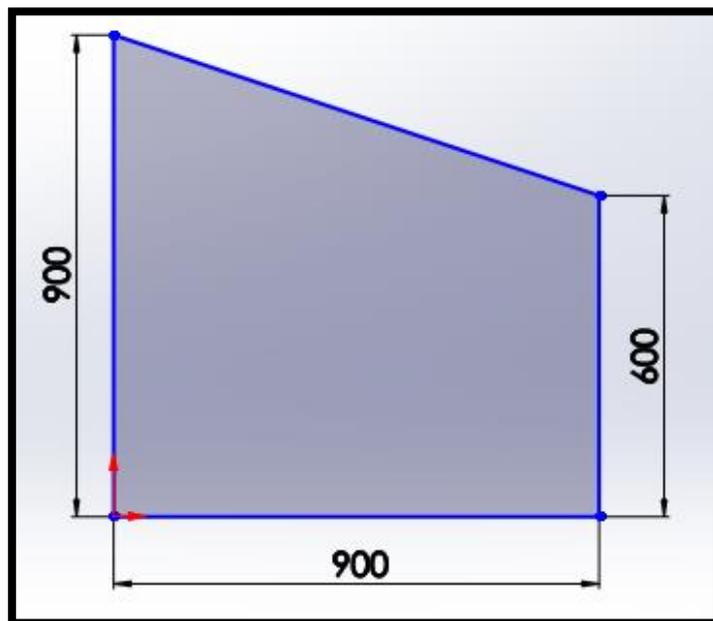
$$V_c = A_c \cdot P_f$$

Dónde:

V_c : Volumen de la cabina.

A_c : Área de la cabina.

P_f : Profundidad.



Fuente: Elaborado por los autores.

$$\begin{aligned} V_c &= \left(900[\text{mm}] \cdot 600[\text{mm}] + \frac{900[\text{mm}] \cdot 300[\text{mm}]}{2} \right) \cdot 900[\text{mm}] \\ &= 607500000[\text{mm}^3] = 0.6075[\text{m}^3] \end{aligned}$$

a) Esfuerzo de Von Mises en la estructura de cabina de arenado bajo carga estática

Se observa que la estructura está sometido un esfuerzo máximo de Von Mises de $98.1 [N]$ bajo consideraciones estáticas, para lo cual se propuso como material de diseño ASTM A-36, por ser un material resistente.

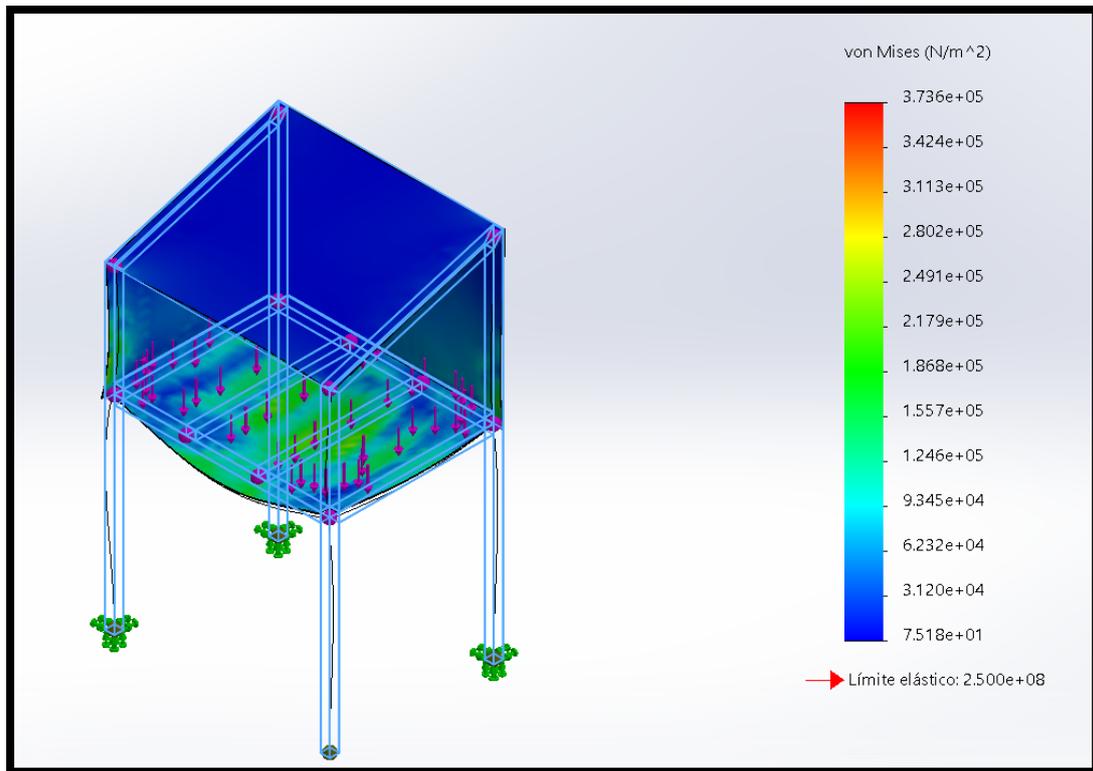


Figura 22: Esfuerzo de Von Mises en la cabina de arenado bajo carga estática

Fuente: SolidWorks 2020.

b) Deformación unitaria de la cabina de arenado bajo carga estática

Se muestra la deformación de la cabina de arenado, obteniendo una deformación máxima de $9.88 \cdot 10^{-3} [mm]$ (zona roja), la cual es insignificante para el proceso.

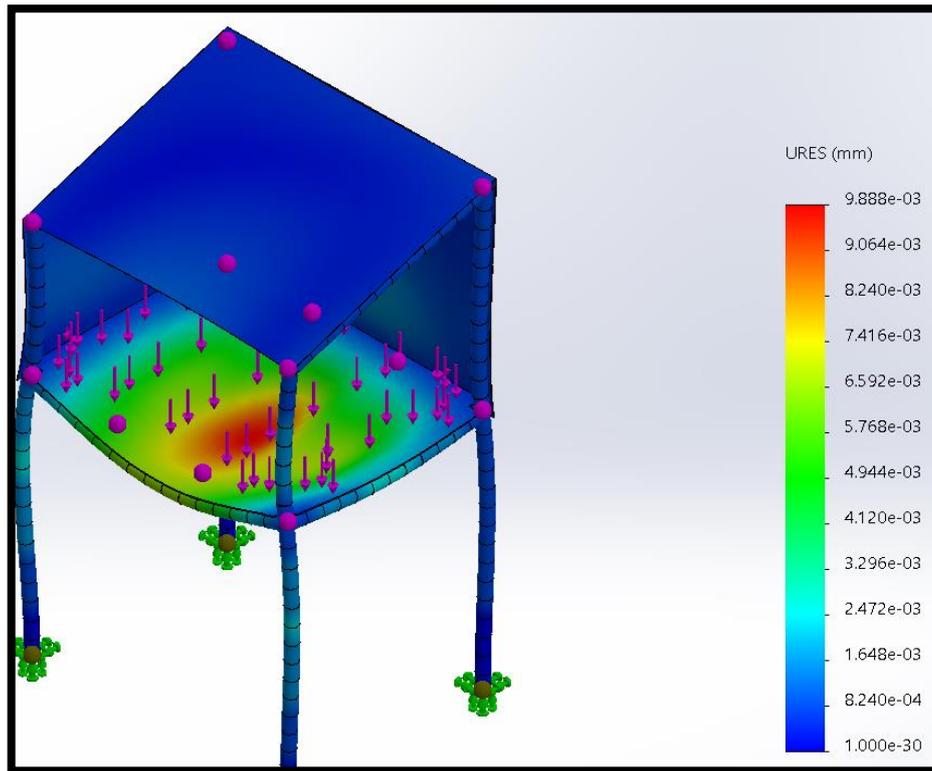


Figura 23: Deformación unitaria de la cabina de arenado bajo carga estática.

Fuente: SolidWorks 2020.

c) Factor de seguridad de la cabina de arenado bajo carga estática

Se observa que el factor de seguridad mínimo es de 3.810, lo cual reafirma que la selección del material ASTM A-36 y el espesor de 1.5 [mm], son correctos.

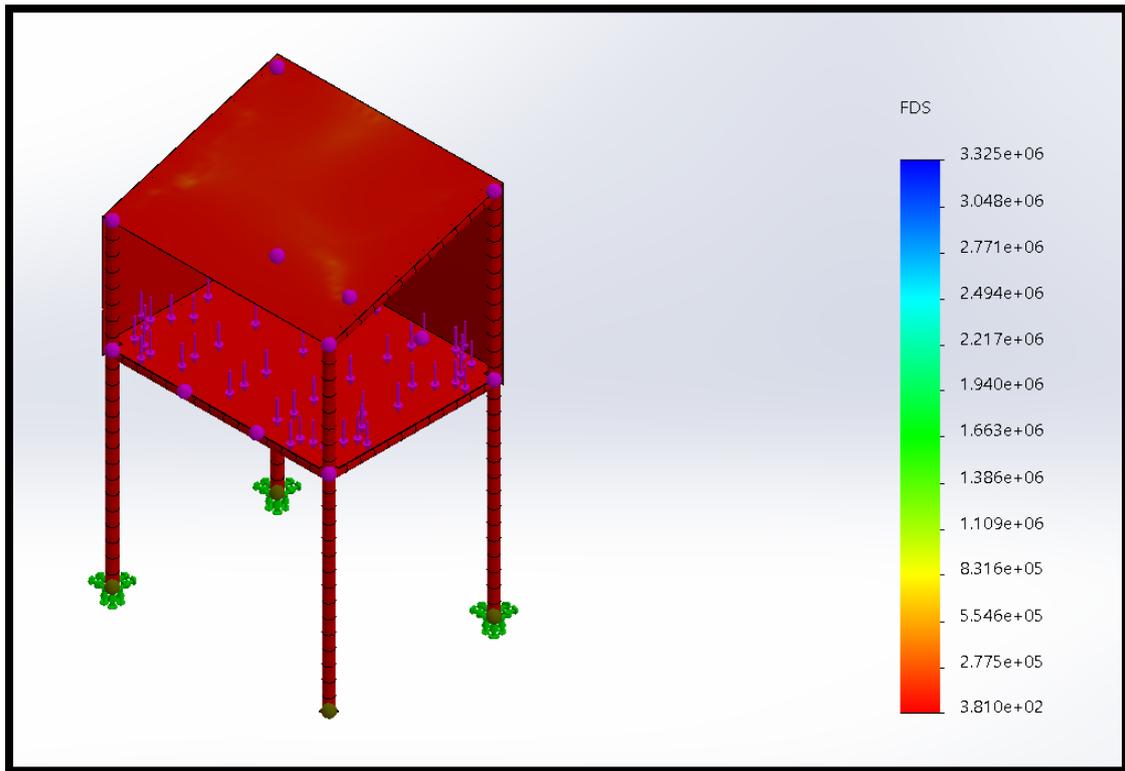
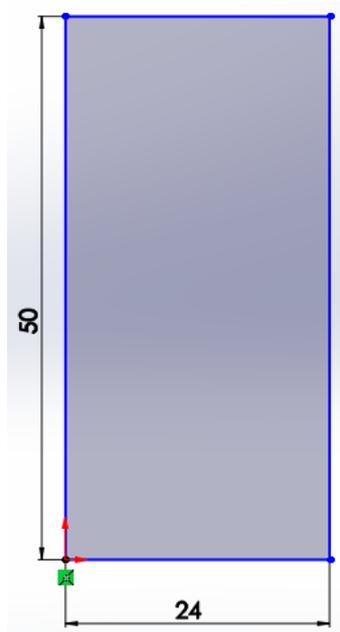


Figura 24: Factor de seguridad de la cabina de arenado bajo carga estática.

Fuente: SolidWorks 2020.

Anexo 25: Volumen del tanque.

a) Volumen del cilindro



Fuente: Elaborado por los autores.

Para una altura de 50cm y un diámetro de 24cm.

$$V_{cil} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V_{cil} = \pi \cdot (0.12[m])^2 \cdot 0.50[m] = 0.02261[m^3]$$

b) Volumen ocupado por la arena

$$V_a = L_a \cdot V_{cil}$$

$$V_a = 0.80 \cdot (0.02261[m^3]) = 0.01809[m^3]$$

c) Masa de arena contenida en el tanque de arenado

$$m_{arena} = V_{arena} \cdot \rho_{arena}$$

$$m_{arena} = 0.01809[m^3] \cdot 1760[kg/m^3] = 31.8384[kg]$$

d) Malla del tanque de arenado bajo carga estática

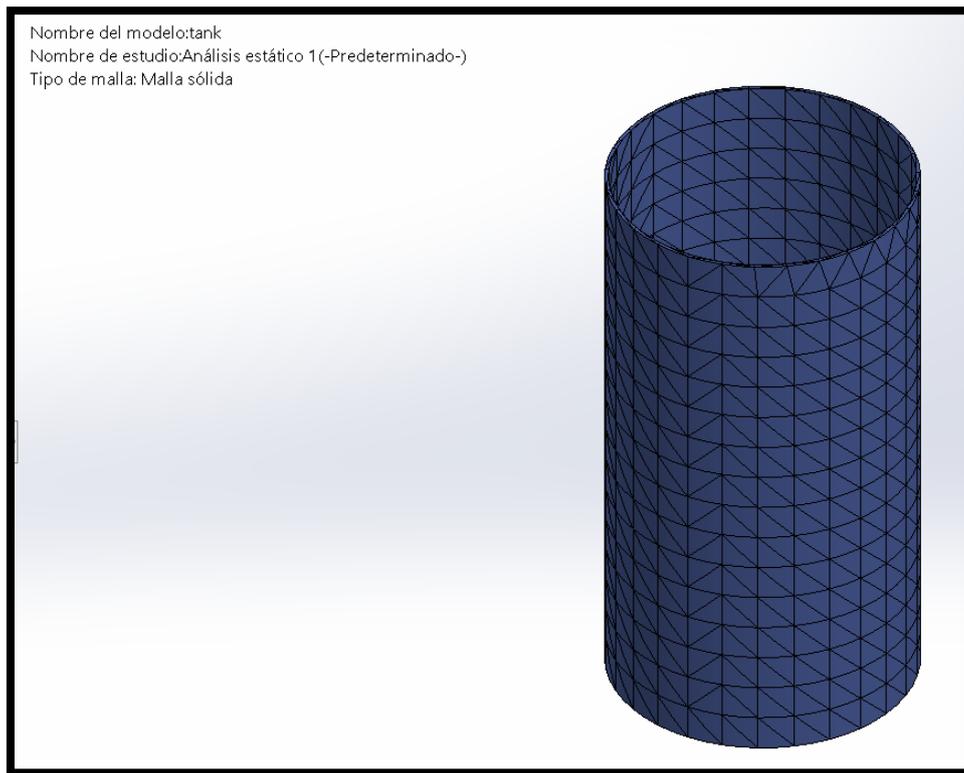


Figura 25: Malla del tanque de arenado bajo carga estática.

Fuente: SolidWorks 2020.

e) Esfuerzo de Von Mises en el tanque de arenado bajo carga estática

Se observa que la estructura está sometido un esfuerzo máximo de Von Mises de 312.3347 [N] bajo consideraciones estáticas, para lo cual se propuso como material de diseño ASTM A-36, por ser un material resistente.

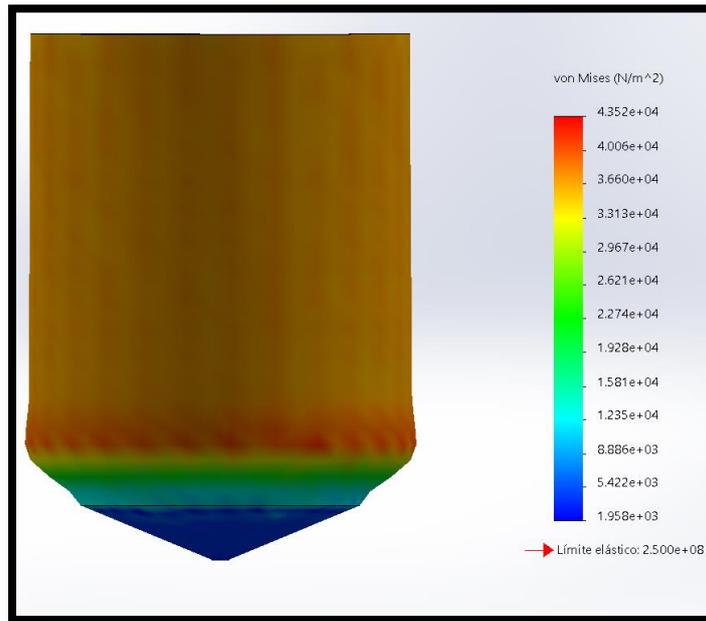


Figura 26: Esfuerzo de Von Mises del tanque de arenado bajo carga estática.

Fuente: Elaborado por los autores.

f) Deformación unitaria del tanque de arenado bajo carga estática

Se muestra la deformación de la cabina de arenado, obteniendo una deformación máxima de $3.22 \cdot 10^{-3} [mm]$ (zona roja), la cual es insignificante para el proceso.

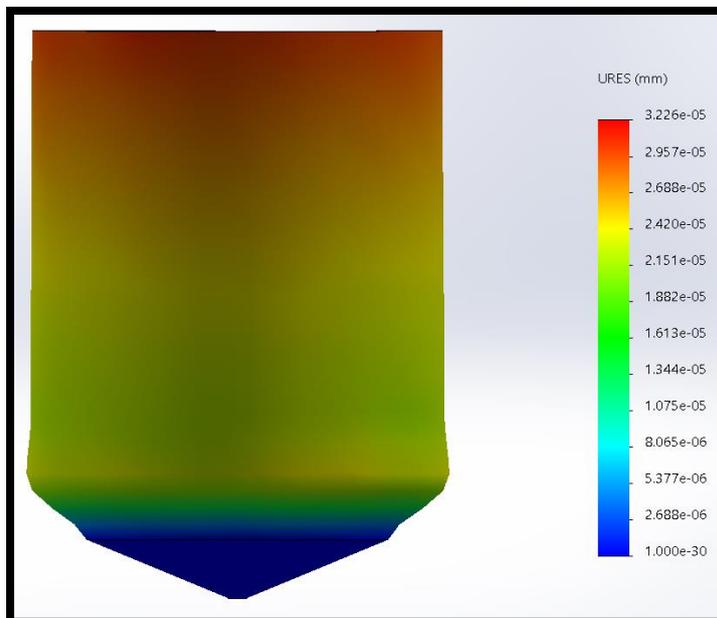


Figura 27: Deformación unitaria del tanque de arenado bajo carga estática.

Fuente: SolidWorks 2020.

g) Factor de seguridad del tanque de arenado bajo carga estática

Se observa que el factor de seguridad mínimo es de 5.744, lo cual reafirma que la selección del material ASTM A-36 y el espesor de 2 [mm], son correctos.

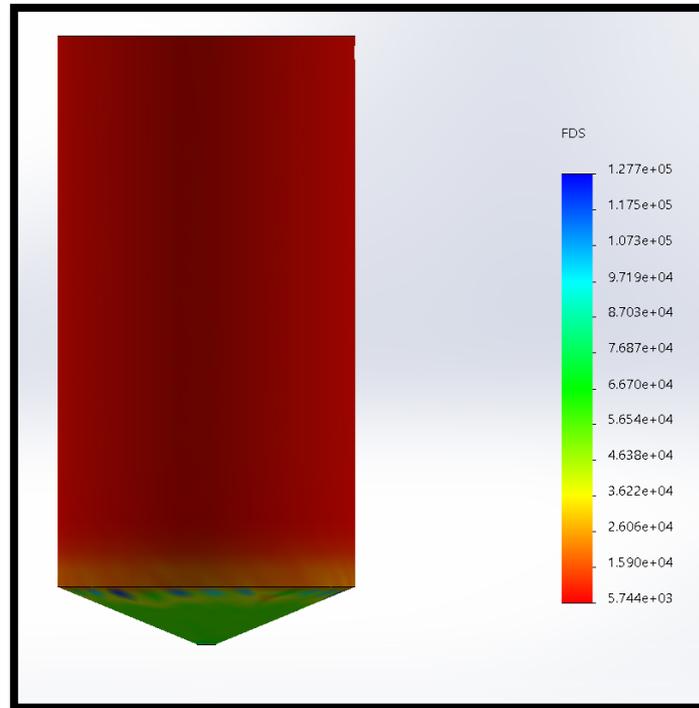
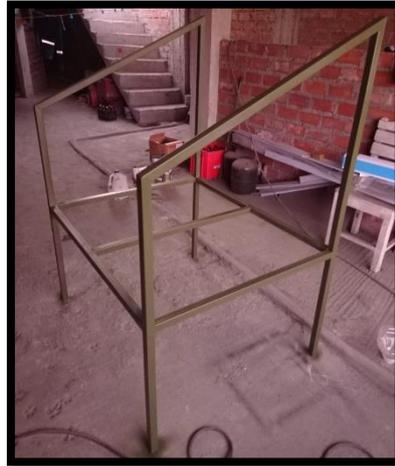


Figura 28: Factor de seguridad del tanque de arenado bajo carga estática.

Fuente: SolidWorks 2020.

Anexo 26: Construcción de cabina de arenado.

Primero se realiza el habilitado del material, para después realizar la fabricación de la estructura principal de la cabina de arenado, para luego colocar las láminas de acero.



Fuente: Elaborado por los autores.

La colocación de las láminas de acero, se realizó con pernos auto perforantes, para evitar la deformación de éstas mediante el uso de soldadura.



Fuente: Elaborado por los autores.

Una vez colocada las láminas, se procede a sellar todo el interior de la cabina para evitar cualquier fuga de polvo al medio ambiente, utilizando sellador.



Fuente: Elaborado por los autores.

Luego se pinta la estructura con base zincromato, para evitar la corrosión prematura.



Fuente: Elaborado por los autores.

Próximamente se aplica el color para darle un mejor acabado final.



Figura 29: Acabado final de cabina de arenado.

Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 27: Pruebas de funcionamiento.

Para cada elemento mecánico en la empresa Tecnicentro Emilio, se determinó el área arenada, el consumo de arena para cada elemento, el número de pasadas, también la cantidad de cargas de compresor, respecto al tiempo.

Se determinó cuántas veces necesitamos cargar el compresor a ≤ 6 [bar], usando una placa de prueba de 80 cm^2 , con el cual también medimos el consumo de aire respecto a cuanto nos duró una carga de compresor lleno y también respecto al tiempo.



Figura 30: Cabina lista para proceso de arenado.

Fuente: Elaborado por los autores.



Figura 31: Válvula regulada a 90psi para trabajo.

Fuente: Elaborado por los autores.

Se realizó las pruebas y se recolectó los siguientes datos:

Ítem	Área [m ²]	Consumo de arena [g]	# pasadas [adm]	Consumo de aire comprimido [psi]	# cargas de compresor [adm]	Tiempo de operación [min]
Junta Homocinética	0.0005	80	3	10	0	3
Trapezio	0.0015	200	3	34	1	5
Cremallera	0.0015	150	3	60	1	5
Rótulas	0.0005	200	3	25	0	3
Placa de Prueba	1.6	31838.4	3	2100	40	80

Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 28: Análisis económico – financiero

Se determina los costos para la construcción de una cabina de arenado por proceso, dónde se tomó en cuenta los valores de: materia prima, mano de obra y costos indirectos de fabricación.

a) Materia prima

La siguiente tabla, describe los materiales y elementos de construcción que son los elementos que conforman de manera directa la cabina.

Ítem	Concepto	Cant.	Und.	Dimensión	Precio Unitario	Precio total
1	Tubo cuadrado ASTM A36	2	mm	30 x 30 x 6000	S/ 55.00	S/ 110.00
2	Lámina ASTM A36	3	mm	1200 x 2400 x 0.9	S/ 110.00	S/ 330.00
3	Ángulo ASTM A36	1	mm	25.4 x 25.4 x 2	S/ 25.00	S/ 25.00
4	Malla galvanizada	1	mm	1000 x 950 x 3.175	S/ 50.00	S/ 50.00
5	Manguera de presión de aire	2	und	5m x 1/4pulg 0.50m x 1/4pulg	S/ 4.00	S/ 22.00
6	Manguera para abrasivo	1	und	3m x 5/8pulg	S/ 20.00	S/ 60.00
7	Sello de caucho	1	mm	3000	S/ 40.00	S/ 40.00
8	Vidrio	1	cm ²	40	S/ 35.00	S/ 35.00
9	Guantes de soldadura	1	par	–	S/ 40.00	S/ 40.00
10	Pistola de succión	1	und	90psi	S/ 280.00	S/ 280.00
11	Lámpara	1	und	100 W	S/ 50.00	S/ 50.00
12	Válvula reguladora	1	und	120psi	S/	S/ 70.00

13	Válvula de bola	1	<i>und</i>	–		S/ 50.00
14	Boquilla para pistola de succión	1	<i>und</i>	Ø4mm	S/ 30.00	S/ 30.00
15	Acople para manguera de aire	1	<i>und</i>	Ø4mm	S/ 30.00	S/ 30.00
16	Aspiradora	1	<i>und</i>	–	S/ 150.00	S/ 150.00
17	Cerrojo para puerta	1	<i>und</i>	–	S/ 20.00	S/ 20.00
18	Pintura base zyncromato	1	<i>gal</i>	1 galón	S/ 65.00	S/ 65.00
19	Pintura metálica azul	1/2	<i>gal</i>	1/2 galón	S/ 80.00	S/ 40.00
20	Electrodo revestido	2	<i>kg</i>	1/8pulg	S/ 20.00	S/ 20.00
21	Nipple	1	<i>und</i>	1/2pulg	S/ 5.00	S/ 5.00
22	Remaches	12	<i>und</i>	1/2 x 1/8pulg	S/ 0.30	S/ 3.60
23	Pernos autoperforantes	200	<i>und</i>	1 x 5/16pulg	S/ 10.00	S/ 20.00
24	Cable vulcanizado	1	<i>mm</i>	3000	S/ 10.00	S/ 10.00
25	Abrazaderas inoxidables	2	<i>und</i>	3/8pulg	S/ 2.50	S/ 5.00
26	Abrazaderas inoxidables	4	<i>und</i>	7/8pulg	S/ 5.00	S/ 10.00
TOTAL						S/ 1,570.60

Fuente: Elaborado por los autores.

b) Costos de fabricación y mano de obra

En la siguiente tabla se muestra, el costo de fabricación incluye todo proceso que genera en la estructura y forma de la materia prima utilizando herramientas, máquinas herramientas, soldaduras y mano de obra.

Ítem	Detalle	Máquina Herramienta	Cant.	# Horas	Precio Unitario	Precio Total
1	Cabina	Amoladora	1	8	S/ 2.00	S/ 16.00
		Cizalladora		2	S/ 1.00	S/ 2.00
		Remachadora		2	S/ 1.00	S/ 2.00
		Taladro		2	S/ 2.00	S/ 4.00
		Soldadora		16	S/ 5.00	S/ 80.00
Subtotal						S/ 104.00
2	Tolva	Amoladora	1	2	S/ 2.00	S/ 4.00
		Dobladora		2	S/ 1.00	S/ 2.00
		Cizalladora		2	S/ 1.00	S/ 2.00
		Remachadora		2	S/ 1.00	S/ 2.00
		Taladro		2	S/ 2.00	S/ 4.00
Subtotal						S/ 14.00
3	Tanque	Amoladora	1	3	S/ 2.00	S/ 6.00
		Roladora		1	S/ 5.00	S/ 5.00
		Cizalladora		1	S/ 1.00	S/ 1.00
		Taladro		1	S/ 1.00	S/ 1.00
		Soldadora		3	S/ 5.00	S/ 15.00
Subtotal						S/ 28.00
4	Puerta	Amoladora	1	2	S/ 2.00	S/ 4.00
		Cizalladora		1	S/ 1.00	S/ 1.00
		Soldadora		2	S/ 5.00	S/ 10.00
Subtotal						S/ 15.00
5	Rejilla	Amoladora	1	2	S/ 2.00	S/ 4.00
		Taladro		2	S/ 1.00	S/ 2.00
Subtotal						S/ 6.00
TOTAL						S/ 167.00

Fuente: Elaborado por los autores.

El subtotal de mecanizado es S/ 167.00 nuevos soles al que se le debe sumar el valor del 18% de IGV, por tanto, el total es de S/ 197.06 nuevos soles.

c) Costos indirectos

En la siguiente tabla se muestra los costos distintos de las materias primas y manufactura de acción directa sobre la cabina. En los cuales se ha tomado en cuenta el diseño y simulación de la cabina, el uso del equipo y programas con este fin, insumos de oficina, gastos en presentación de proyecto.

Ítem	Detalle	Precio Unitario
1	Materia prima indirecta	S/ 50.00
2	Costos indirectos	S/ 150.00
3	Imprevistos	S/ 100.00
Subtotal costos indirectos		S/ 300.00

Fuente: Elaborado por los autores.

d) Valor total de cabina de arenado

En la siguiente tabla se muestra la suma de los costos totales anteriores.

Ítem	Detalle	Valor Unitario
1	Materia prima	S/ 1,570.60
2	Costo de fabricación y mano de obra	S/ 197.06
3	Costos indirectos	S/ 300.00
TOTAL		S/ 2,067.66

Fuente: Elaborado por los autores.

El valor total de la cabina de arenado es de S/ 2,067.66 nuevos soles.

Para calcular los gastos de operación se ha tomado en cuenta que actualmente se limpian 20 [piezas/semana], lo cual hace un total, lo cual hace un total de 80 [piezas/mes]. Si a esto se realiza en la cabina de arenado, cuyo rendimiento es de 20 [piezas/hora], obtenemos que la máquina trabajará al mes 4 horas.

En la siguiente tabla se muestra el costo del proceso de arenado:

	Tiempo (horas al mes)	Costo Unitario	Costo Total
Proceso de arenado	4	S/ 10.00	S/ 40.00

Fuente: Elaborado por los autores.

f) Costo de mantenimiento de la cabina de arenado

En la siguiente tabla se muestra el costo de mantenimiento, el cual consiste en la limpieza de la cabina:

Descripción	Costo Total
Trapos	S/ 10.00
Guantes	S/ 5.00
Mano de obra	S/ 40.00
Total	S/ 55.00

Fuente: Elaborado por los autores.

g) Costo de la materia prima: Arena Malla #20

Para obtener la cantidad de arena [kg/mes] = $m_{arena} \cdot segundos\ al\ mes$

Dónde:

$$m_{arena} = 0.2669[kg/s]$$

$$Segundos\ al\ mes = 4horas/mes \cdot 60s/h = 240[s/mes]$$

Entonces la cantidad de arena al mes es:

$$\text{Cantidad de arena} = 0.2669[\text{kg/s}] \cdot 240[\text{s/mes}] = 64.056[\text{kg/mes}]$$

En la siguiente tabla se muestra el costo de materia prima:

	Cantidad [kg/mes]	Costo Unitario	Costo Total
Cantidad de arena al mes	64.056	S/ 1.75	S/ 112.10

Fuente: Elaborado por los autores.

h) Costo de la energía eléctrica que consume la cabina de arenado

En la siguiente tabla se muestra el consumo de energía eléctrica:

	Potencia [kW]	Horas al mes	Costo del kWh	Energía al mes [kWh /mes]	Costo Total
Energía eléctrica consumida por la cabina de arenado	7.457	4	S/ 0.59	29.828	S/ 17.59

Fuente: Elaborado por los autores.

i) Costo que se deja de pagar por tiempo muerto por limpieza de pieza de suspensión

El costo del tiempo muerto está representado en la siguiente tabla, antes de usar la cabina de arenado:

	Número de trabajadores	Horas al mes	Costo Unitario	Costo total
Tiempo muerto	2	80	S/ 6.25	S/ 1000.00

Fuente: Elaborado por los autores.

j) Incremento del precio por limpieza con arena

Debido a que el acabado es mejor, el incremento del precio por uso de la cabina es:

Limpieza	Precio anterior	Precio después	Incremento
Mano de obra	S/ 10.00	S/ 20.00	S/ 10.00

Fuente: Elaborado por los autores.

Considerando que actualmente se limpian 80 piezas al mes, con el incremento de S/ 10.00, entonces la ganancia es de S/ 80.00 al mes.

k) Evaluación económica

Con los datos anteriores y considerando una tasa de interés anual del 12% y una tasa mensual del 1% obtenemos la siguiente tabla:

	MES			
	0	1	2	3
EGRESOS	-S/ 2,067.66	-S/ 224.69	-S/ 224.69	-S/ 224.69
Inversión	-S/ 2,067.66			
Operación		-S/ 169.69	-S/ 169.69	-S/ 169.69
Mantenimiento		-S/ 55.00	-S/ 55.00	-S/ 55.00
INGRESOS	S/ 0.00	S/ 1080.00	S/ 1080.00	S/ 1080.00
Ahorro por tiempo muerto		S/ 1000.00	S/ 1000.00	S/ 1000.00
Incremento del precio por limpieza		S/ 80.00	S/ 80.00	S/ 80.00
BENEFICIOS	-S/ 2,067.66	S/ 855.31	S/ 855.31	S/ 855.31

Fuente: Elaborado por los autores.

l) Periodo de retorno de la inversión

$$PRI = \frac{\text{Inversión}}{\text{Beneficio Útil}}$$

$$PRI = \frac{S/ 2,067.66}{S/ 855.31} = 2.417 \cong 3 \text{ meses}$$

La empresa Tecnicentro Emilio, recuperaría la inversión del costo de la cabina de arenado en 3 meses, el cual es un indicador viable.

Para el análisis del VAN y tasa interna de rentabilidad, según la Superintendencia de Banca y Seguros del Perú, indica que la tasa de interés promedio es de 12.50% con un periodo promedio de 3 meses.

Utilizando una hoja de cálculo en Excel, se determinó que el valor neto es de S/ 647.12 y la tasa de interés de rentabilidad 11.62%.

Herramientas financieras del proyecto

MESES	FLUJO DE FONDOS	MOVIMIENTOS EN EL PERIODO - MES
Inversión	-S/ 2,067.66	Costo inicial del proyecto
1	S/ 855.31	Beneficio neto mensual
2	S/ 855.31	Beneficio neto mensual
3	S/ 855.31	Beneficio neto mensual
Total de ingresos	S/ 2,565.93	
Tasa de interés	12.5%	
TIR	11.62%	Tasa Interna de Retorno
VAN	S/.647.12	Valor Actual Neto

Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 29: Densidad y peso específico.

	densidad (ρ)		peso específico (γ)		
	<i>kg/L</i>	<i>kg/m³</i>	<i>kgf/L</i>	<i>kgf/m³</i>	<i>N/m³</i>
<i>Agua (4°C)</i>	<i>1</i>	1.000	<i>1</i>	<i>1.000</i>	10.000
<i>Agua de mar (15°C)</i>	<i>1,025</i>	1.025	<i>1,025</i>	<i>1.025</i>	10.250
<i>Hielo</i>	<i>0,917</i>	917	<i>0,917</i>	<i>917</i>	9.170
<i>Sangre humana (37°C)</i>	<i>1,06</i>	1.060	<i>1,06</i>	<i>1.060</i>	10.600
<i>Plasma sanguíneo (37°C)</i>	<i>1,027</i>	1.027	<i>1,027</i>	<i>1.027</i>	10.270
<i>Alcohol</i>	<i>0,8</i>	800	<i>0,8</i>	<i>800</i>	8.000
<i>Aceite de oliva</i>	<i>0,92</i>	920	<i>0,92</i>	<i>920</i>	9.200
<i>Mercurio (20°C)</i>	<i>13,6</i>	13.600	<i>13,6</i>	<i>13.600</i>	136.000
<i>Aire frío (0°C, 1 atm)</i>	<i>0,00129</i>	1,29	<i>0,00129</i>	<i>1,29</i>	12,9
<i>Aire caliente (100°C, 1 atm)</i>	<i>0,00095</i>	0,95	<i>0,00095</i>	<i>0,95</i>	9,5
<i>Planeta Tierra</i>	<i>5,17</i>	5.170	-	-	-
<i>Madera balsa</i>	<i>0,12</i>	120	<i>0,12</i>	<i>120</i>	1.200
<i>Quebracho y algarrobo</i>	<i>0,7</i>	700	<i>0,7</i>	<i>700</i>	7.000
<i>Hierro</i>	<i>7,8</i>	7.800	<i>7,8</i>	<i>7.800</i>	78.000
<i>Plomo</i>	<i>11,4</i>	11.400	<i>11,4</i>	<i>11.400</i>	114.000
<i>Oro</i>	<i>19,3</i>	19.300	<i>19,3</i>	<i>19.300</i>	193.000

Notas: en esta tabla se utiliza $g = 10 \text{ m/s}^2$. Para corregir los valores de peso específico hay que multiplicarlos por **0,98**. Las unidades y valores en negrita pertenecen al Sistema Internacional (SI)

Fuente: ricuti.com.ar.

Anexo 30: Coeficientes aerodinámicos de diversas formas geométricas sencillas.

	0.38		1.16
	0.42		1.17
	0.47		1.20
	0.50		1.55
	0.59		1.55
	0.80		1.60
	1.05		1.98
	1.17		2.00
	1.17		2.05
	1.38		2.20
	1.42		2.30

Fuente: es.wikipedia.org.

Anexo 31: Propiedades termodinámicas del aire.

Temp., T, °C	Densidad, ρ , kg/m ³	Calor específico, c_p , J/kg · K	Conductividad térmica, k, W/m · K	Difusividad térmica, α , m ² /s ²	Viscosidad dinámica, μ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν , m ² /s	Número de Prandtl Pr
-150	2,866	983	0,01171	$4,158 \times 10^{-6}$	$8,636 \times 10^{-6}$	$3,013 \times 10^{-6}$	0,7246
-100	2,038	966	0,01582	$8,036 \times 10^{-6}$	$1,189 \times 10^{-5}$	$5,837 \times 10^{-6}$	0,7263
-50	1,582	999	0,01979	$1,252 \times 10^{-5}$	$1,474 \times 10^{-5}$	$9,319 \times 10^{-6}$	0,7440
-40	1,514	1 002	0,02057	$1,356 \times 10^{-5}$	$1,527 \times 10^{-5}$	$1,008 \times 10^{-5}$	0,7436
-30	1,451	1 004	0,02134	$1,465 \times 10^{-5}$	$1,579 \times 10^{-5}$	$1,087 \times 10^{-5}$	0,7425
-20	1,394	1 005	0,02211	$1,578 \times 10^{-5}$	$1,630 \times 10^{-5}$	$1,169 \times 10^{-5}$	0,7408
-10	1,341	1 006	0,02288	$1,696 \times 10^{-5}$	$1,680 \times 10^{-5}$	$1,252 \times 10^{-5}$	0,7387
0	1,292	1 006	0,02364	$1,818 \times 10^{-5}$	$1,729 \times 10^{-5}$	$1,338 \times 10^{-5}$	0,7362
5	1,269	1 006	0,02401	$1,880 \times 10^{-5}$	$1,754 \times 10^{-5}$	$1,382 \times 10^{-5}$	0,7350
10	1,246	1 006	0,02439	$1,944 \times 10^{-5}$	$1,778 \times 10^{-5}$	$1,426 \times 10^{-5}$	0,7336
15	1,225	1 007	0,02476	$2,009 \times 10^{-5}$	$1,802 \times 10^{-5}$	$1,470 \times 10^{-5}$	0,7323
20	1,204	1 007	0,02514	$2,074 \times 10^{-5}$	$1,825 \times 10^{-5}$	$1,516 \times 10^{-5}$	0,7309
25	1,184	1 007	0,02551	$2,141 \times 10^{-5}$	$1,849 \times 10^{-5}$	$1,562 \times 10^{-5}$	0,7296
30	1,164	1 007	0,02588	$2,208 \times 10^{-5}$	$1,872 \times 10^{-5}$	$1,608 \times 10^{-5}$	0,7282
35	1,145	1 007	0,02625	$2,277 \times 10^{-5}$	$1,895 \times 10^{-5}$	$1,655 \times 10^{-5}$	0,7268
40	1,127	1 007	0,02662	$2,346 \times 10^{-5}$	$1,918 \times 10^{-5}$	$1,702 \times 10^{-5}$	0,7255
45	1,109	1 007	0,02699	$2,416 \times 10^{-5}$	$1,941 \times 10^{-5}$	$1,750 \times 10^{-5}$	0,7241
50	1,092	1 007	0,02735	$2,487 \times 10^{-5}$	$1,963 \times 10^{-5}$	$1,798 \times 10^{-5}$	0,7228
60	1,059	1 007	0,02808	$2,632 \times 10^{-5}$	$2,008 \times 10^{-5}$	$1,896 \times 10^{-5}$	0,7202
70	1,028	1 007	0,02881	$2,780 \times 10^{-5}$	$2,052 \times 10^{-5}$	$1,995 \times 10^{-5}$	0,7177
80	0,9994	1 008	0,02953	$2,931 \times 10^{-5}$	$2,096 \times 10^{-5}$	$2,097 \times 10^{-5}$	0,7154
90	0,9718	1 008	0,03024	$3,086 \times 10^{-5}$	$2,139 \times 10^{-5}$	$2,201 \times 10^{-5}$	0,7132
100	0,9458	1 009	0,03095	$3,243 \times 10^{-5}$	$2,181 \times 10^{-5}$	$2,306 \times 10^{-5}$	0,7111

Anexo 32: Precio del *kWh* en el Perú.

Perú precios de la electricidad	Casa, kWh	Negocio, kWh
Peruvian New Sol	0.848	0.590
Peruvian New Sol	0.848	0.590

Perú, marzo 2022:
Hogares: El precio es 0.848 USD por kWh. El precio promedio en el mundo es 0.552 USD por kWh.
Negocio: El precio es 0.590 USD por kWh. El precio promedio en el mundo es 0.531 USD por kWh.

Fuente: GlobalPetrolPrices.com

Anexo 33: Ficha técnica arena sílice malla 20 – 40.



Finos & Granitos S.A.S.
¡Minerales de Calidad a su Alcance!



FICHA TECNICA ARENA SILICE MALLA (20-40)

Arenas Sílice de alta pureza en diferentes granulometrías de acuerdo a las normas ANSI/AWMA B 100-80, NORMA ICONTEC NTC 2572.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

GRANULOMETRIA

Arena Sílice M (20-40)..... (0,45 a 0,55 mm)

PROPIEDADES FISICAS

Gravedad Especifica g/cm ³	2.63
Densidad Aparente, g/cm ³	1.76
% Humedad.....	1.00 maximo
Valor del Ph.....	7

Anexo 34: Ficha técnica del tanque de arenado.

FICHA TÉCNICA DEL TANQUE DE ARENADO	
ESPESOR DE PLANCHA	1/8 [pulg]
DIMENSIONES	
ALTURA DEL TANQUE	500 [mm]
DIÁMETRO DEL TANQUE	240 [mm]
DIÁMETRO DE SALIDA DE ARENA	1/2 [pulg]
CAPACIDAD	
LLENADO DE TANQUE	3/4 CAPACIDAD

Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 35: Ficha técnica de la válvula reguladora de presión.

CARACTERÍSTICAS	Émbolo de acero inoxidable tratado térmicamente
	Diseño sencillo, fácil de usar y mantener
	Disponible con conexiones de 1/4"

Fuente: https://products.swagelok.com/es/all-products/reguladores/c/300?clp=true&qclid=Cj0KCQiAnNacBhDvARIsABnDa69uQAvrBmqGtBBSfwiWY04PBQIGQiRi-ZVetpPnYJYJkZ_9r8FGoaAs2DEALw_wcB&qclsrc=aw.ds

Anexo 36: Ficha técnica de la manguera de aire comprimido.

FICHA TÉCNICA DE LA MANGUERA DE AIRE COMPRIMIDO	
CARÁCTERÍSTICAS	Mantenga una trayectoria uniforme de 1/4" I.D. de abrasivo desde la olla de blasteo hasta la boquilla para disminuir la pérdida de presión.
	Ligera y flexible para reducir la fatiga al operador
	El negro de carbono ayuda a disipar la electricidad estática.
	Diámetros interiores (I.D) disponibles: 1/4"
	Clasificada para presión de régimen de 175 [psi]

Fuente: <http://www.marco.us/blasting/blast-hose-fittings-accessories>.

Anexo 37: Ficha técnica de la manguera de arena.

FICHA TÉCNICA DE LA MANGUERA DE AIRE COMPRIMIDO	
CARÁCTERÍSTICAS	Mantenga una trayectoria uniforme de 5/8" I.D. de abrasivo desde la olla de blasteo hasta la boquilla para disminuir la pérdida de presión.
	Ligera y flexible para reducir la fatiga al operador
	El negro de carbono ayuda a disipar la electricidad estática.
	Diámetros interiores (I.D) disponibles: 5/8"
	Clasificada para presión de régimen de 175 [psi]

Fuente: <http://www.marco.us/blasting/blast-hose-fittings-accessories>.

Anexo 38: Ficha técnica de la pistola de succión para arenar.

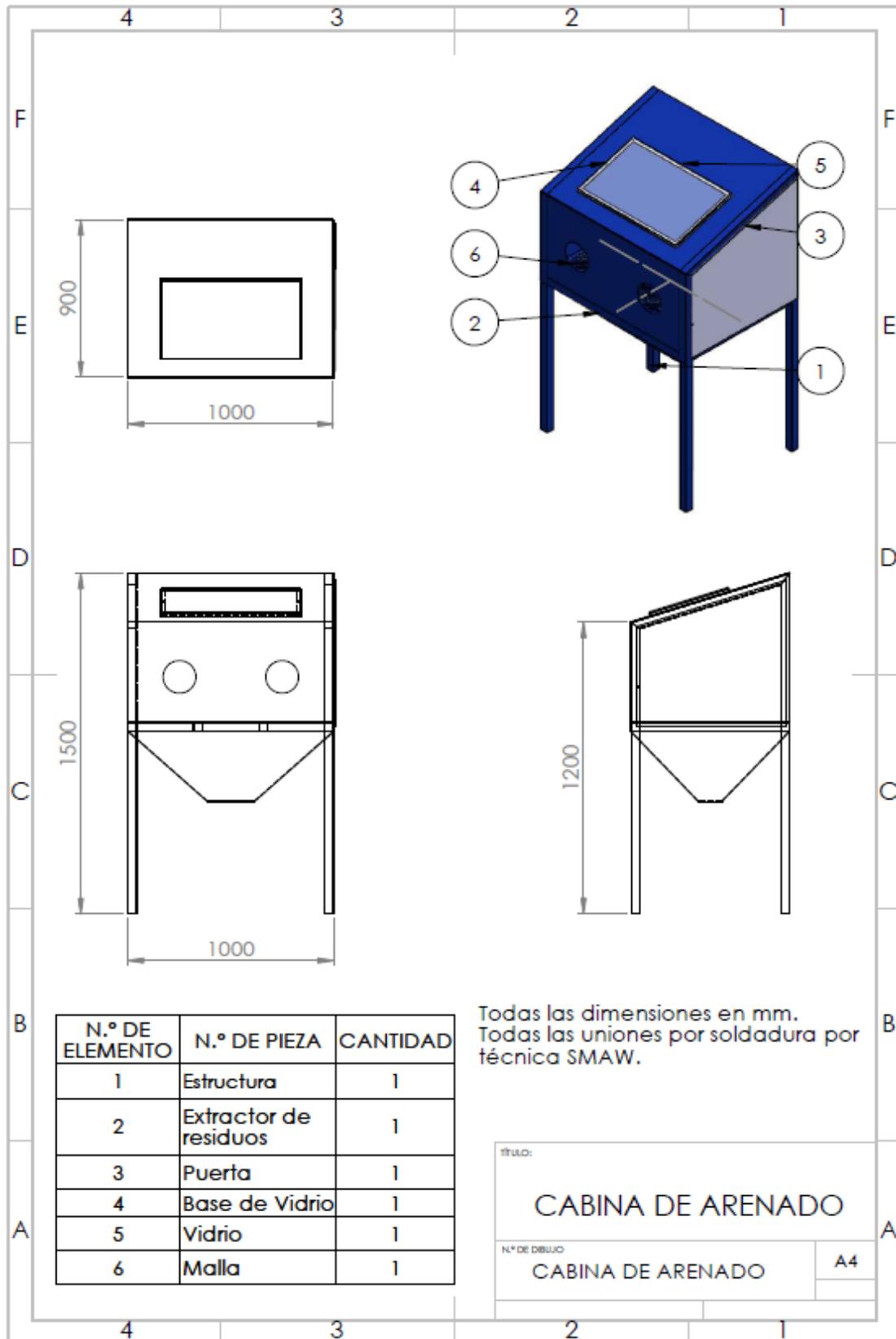
CARACTERÍSTICAS	Inyector de aire 1/4"
	Presión nominal ≤ 90 [psi]
	Presión máxima ≤ 150 [psi]
	Cambio rápido de boquilla
	Gatillo de material metálico
	Cabezal de succión de metal
	Conector de entrada de aire rápido
	Cuerpo de aleación de aluminio

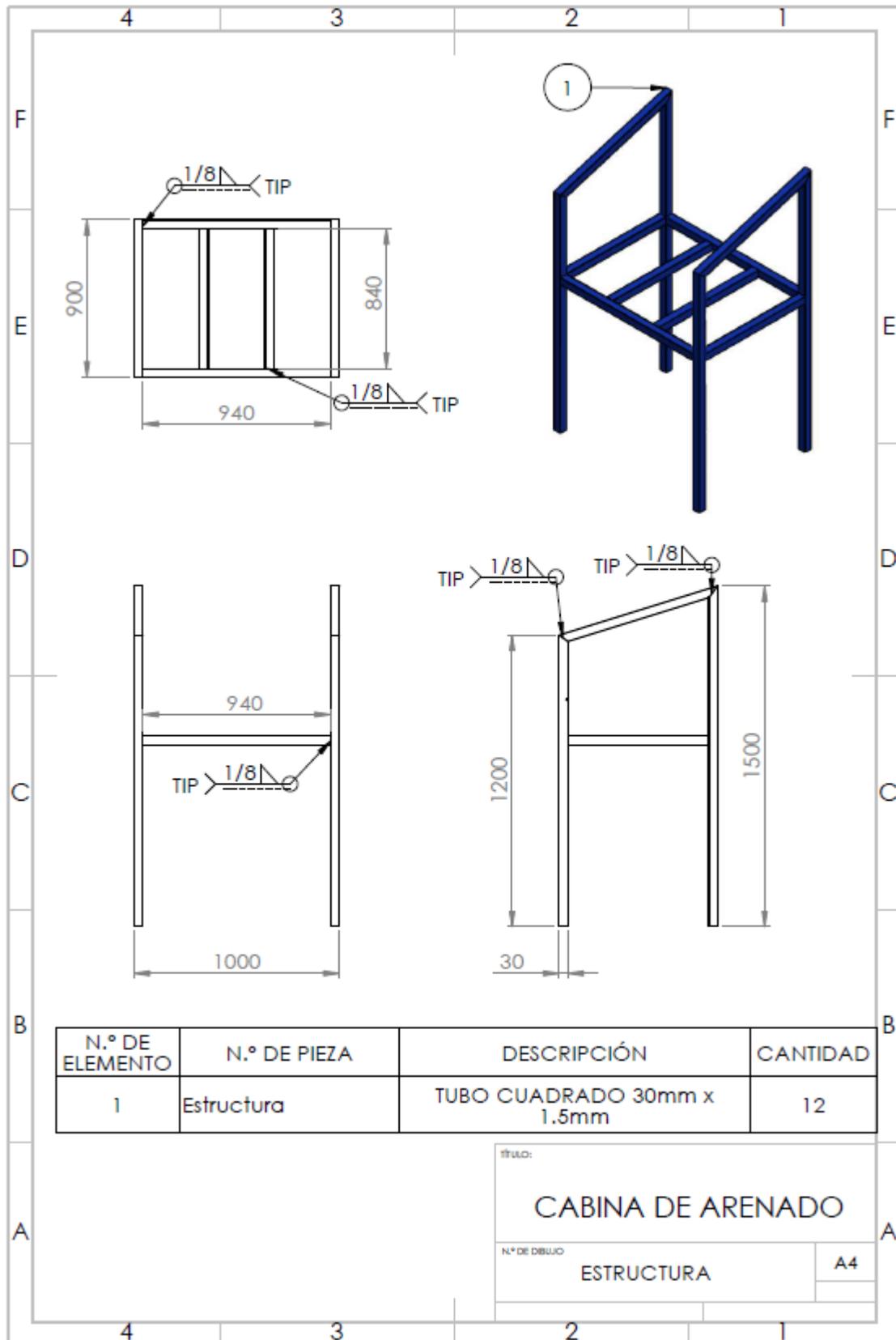
Fuente:

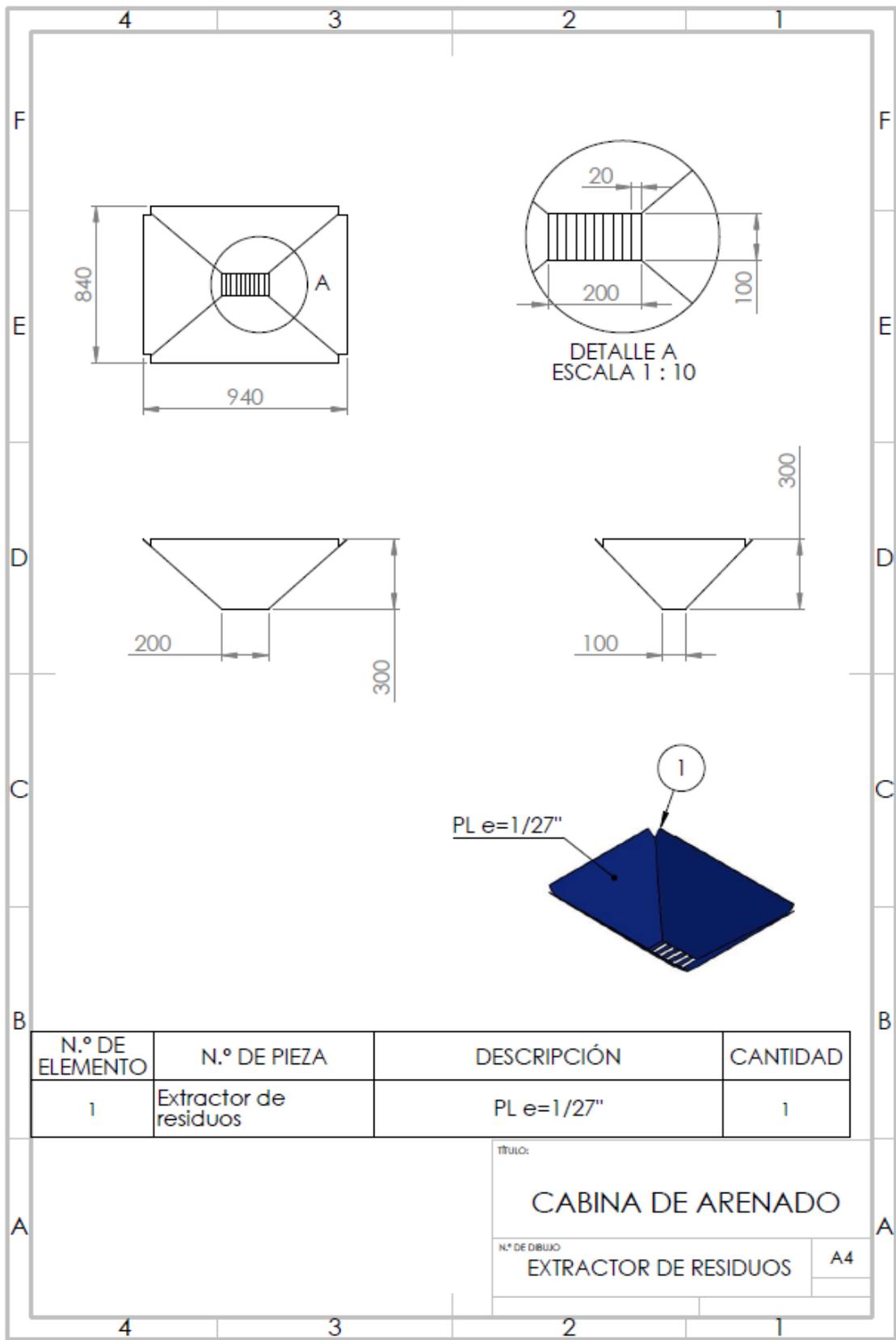
<https://es.aliexpress.com/item/1005003164635846.html?gatewayAdapt=glo2es>

[p](#)

Anexo 39: Levantamiento de planos de la cabina de arenado.





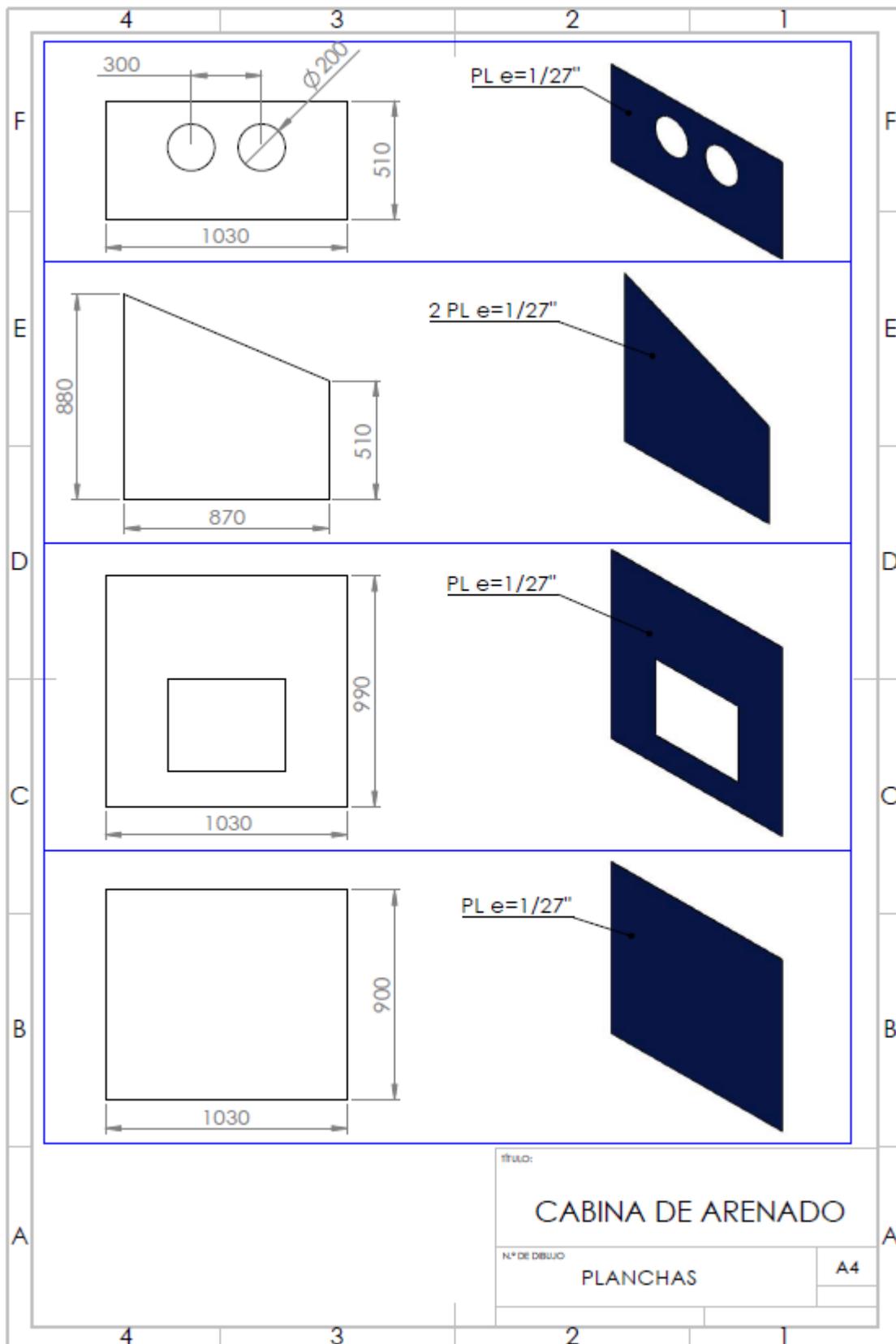


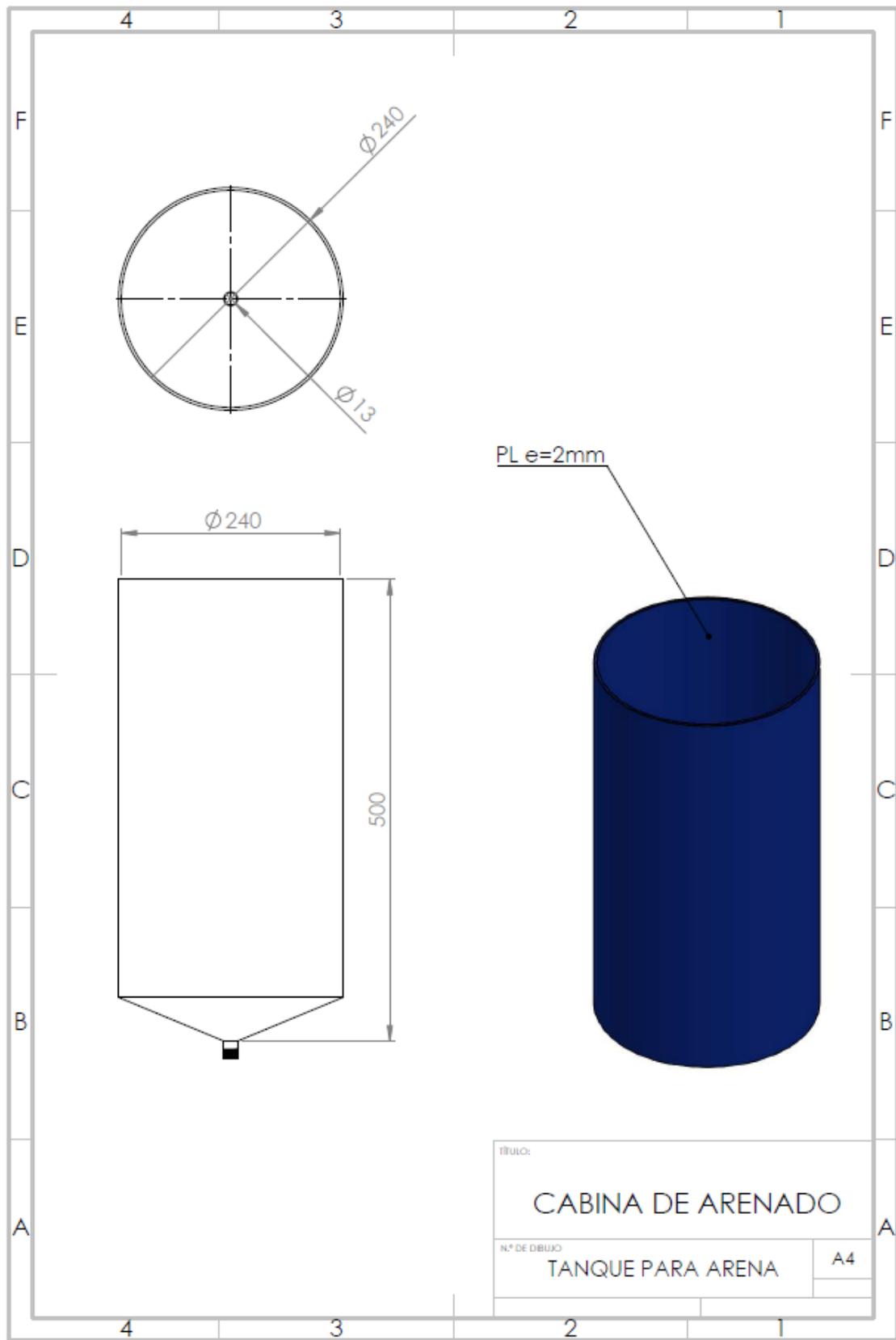
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Extractor de residuos	PL e=1/27"	1

TÍTULO:
CABINA DE ARENADO

N.º DE DIBUJO
EXTRACTOR DE RESIDUOS

A4





TÍTULO:	
CABINA DE ARENADO	
Nº DE DIBUJO	A4
TANQUE PARA ARENA	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LUIS ALBERTO JULCA VERASTEGUI, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis Completa titulada: "DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA DE ARENADO PARA LA RESTAURACIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS DE SUSPENSIÓN Y TRANSMISIÓN EN EL TALLER "TECNICENTRO EMILIO" EN TRUJILLO", cuyos autores son NECIOSUP RIOS PEDRO JESUS FERNANDO, PALACIOS PLASENCIA JORGE ANTONIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 13 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
LUIS ALBERTO JULCA VERASTEGUI DNI: 19336932 ORCID: 0000-0001-5158-2686	Firmado electrónicamente por: JULCAL el 18-01- 2023 08:00:17

Código documento Trilce: TRI - 0485993