



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MECANICA  
ELÉCTRICA**

**“DISEÑO DE GRANALLADORA PARA MEJORAR LIMPIEZA DE  
PIEZAS PEQUEÑA Y MEDIANAS DE HIERRO GRIS EN EMPRESA  
FUNDINORTE S.A.C – CHICLAYO”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECANICO ELECTRICISTA**

**AUTOR:**

**CALDERÓN BURGOS LENIN OMAR**

**ASESOR:**

**ING. MSC. JAMES SKINNER CELADA PADILLA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**MODELAMIENTO Y SIMULACION DE SISTEMAS ELECTROMECHANICOS**

**TRUJILLO – PERU**

**2017**

## PAGINA DEL JURADO

---

Ing. Fredy Dávila Hurtado.  
Presidente de Jurado

---

Ing. Luis Alberto Ramos Martínez.  
Secretario de Jurado

---

Ing. James Skinner Celada Padilla.  
Vocal de Jurado

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios por permitirme la vida y la salud y por otorgarme el don de la perseverancia y así poder alcanzar mis metas, a mi familia por su apoyo constante en especial a mi madre por estar en los momentos más difíciles, a mis maestros por brindarme los conocimientos para poder desarrollar este proyecto.

Lenin Omar Calderón Burgos

## **AGRADECIMIENTO**

### **A Dios:**

Por darme la fuerza necesaria y ser mí guía que me conduzca siempre al camino del bien y alcanzar el éxito después de tantos esfuerzos y caídas entre otros obstáculos que he tenido durante mi formación profesional, solo tú sabes el sacrificio que he pasado para concluir este reto **mil gracias mi DIOS**

### **A mi familia:**

Por brindarme su apoyo incondicional y motivación para seguir adelante, por brindarme buenos valores y por estar siempre con migo en los buenos y malos momentos.

### **A mis maestros:**

Por guiarme y brindarme sus conocimientos y experiencia en el trascurso y culminación de mi carrera profesional, porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación. Lo cual cultivare y desarrollare con el transcurrir del tiempo y de esa manera se sientan orgullos de ello

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que les encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí con migo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darle las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Lenin Omar Calderón Burgos

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **Lenin Omar Calderón Burgos**, con DNI N° 45440344, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

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 de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, Diciembre del 2017

---

Lenin Omar Calderón Burgos  
DNI. N°45440344

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presentamos ante ustedes la Tesis titulada “**DISEÑO DE GRANALLADORA PARA MEJORAR LIMPIEZA DE PIEZAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS DE HIERRO GRIS EN EMPRESA FUNDINORTE S.A.C – CHICLAYO**”, la misma que sometemos a vuestra consideración y esperamos que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Lenin Omar Calderón Burgos

## INDICE

PAGINA DEL JURADO .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
INDICE.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	11
1.1. Realidad Problemática.....	11
1.2. Trabajos Previos.....	14
1.3. Teorías Relacionadas al Tema.....	17
1.3.2. Tratamientos de limpieza.....	19
1.3.3. Normas de preparación de superficies.....	19
1.3.4. Granallado .....	22
1.3.5. Máquinas Neumáticas de Granallado .....	24
1.3.6. Clasificación y Tipos de Boquillas para Granallado con Aire Comprimido....	24
1.3.7. Aire Comprimido - Compresores de Aire .....	25
1.4. Formulación del Problema.....	26
1.5. Justificación del Estudio.....	27
1.6. Hipótesis.....	28
1.7. Objetivos.....	29
II. METODO .....	30
2.1. Diseño de Investigación.....	30
2.2. Variables de Operacionalización.....	30
2.3. Población y Muestra.....	33
2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	33
2.5. Métodos de análisis de datos .....	33
2.6. Aspectos Éticos .....	34

III.	RESULTADOS.....	35
3.1.	Diagnosticar la situación actual en el proceso de limpieza de piezas pequeñas y medianas de hierro gris en la empresa Fundinorte s.a.c. Chiclayo. ....	35
3.2.	Capacidad de la Granalladora de acuerdo a la cantidad de piezas fabricadas en dicha empresa.....	42
3.3.	Seleccionar los mecanismos electromecánicos de la Granalladora .....	44
3.4.	Evaluación económica del Proyecto, utilizando los indicadores tales como el VAN, TIR. ....	64
IV.	DISCUSIÓN .....	70
V.	CONCLUSIONES .....	72
VI.	RECOMENDACIONES .....	73
VII.	REFERENCIAS .....	74
	ANEXOS.....	80

## RESUMEN

El presente trabajo se concentrará en diseñar una Granalladora para mejorar la limpieza de piezas pequeñas y medianas de Hierro Gris en la empresa Fundinorte SAC – Chiclayo,

La empresa Fundinorte SAC, se ubica en la Calle Santa Magdalena Mz. L Lt. 29 - P.J. San Miguel, Distrito. José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo, se dedica desde hace ya 10 años a la fabricación de Máquinas Despulpadoras así como Bombas Centrífugas para agua, las cuales son vendidas en la zona Nororiental de nuestro país.

Para la fabricación de las piezas que constituyen cada una de las máquinas utiliza hierro gris, el mismo que es obtenido mediante el proceso de fundición en arena. Las piezas obtenidas de la fundición, presentan adherencia de arena y rebabes, para lo cual pasan por un proceso de limpieza.

La limpieza de estas piezas se realiza en forma artesanal, por un obrero quien procede a limpiar con sus manos y herramientas artesanales: amoladoras, cinceles, escobillas de metal, quedando impurezas y deficiencias en la superficie de las piezas, para proceder luego al ensamble correspondiente

Para realizar el diseño de la Granalladora, primero se evaluó la situación actual del proceso de limpieza de piezas medianas y pequeñas fundidas de hierro gris, luego se determinó la capacidad de la Granalladora, tomando en cuenta las piezas fabricadas, para luego realizar el cálculo, diseño y selección de los mecanismos electromecánicos, para finalmente realizar una evaluación económica de la propuesta, utilizando los indicadores VAN y TIR.

**PALABRAS CLAVES:** Granalladora, Fundición en Arena, Limpieza de piezas.

## ABSTRACT

The present work will concentrate in designing a Shot Blasting machine to improve the cleaning of small and medium pieces of Gray Iron in the company Fundinorte SAC - Chiclayo,

The company Fundinorte SAC, is located in Santa Magdalena Mz. L Lt. 29 - P.J. San Miguel, District and Province of Chiclayo, is dedicated for 10 years to the manufacture of pulping machines as well as Centrifugal pumps for water, which are sold in the Northeast of our country.

For the manufacture of the pieces that make up each of the machines, it uses sweet iron, the same that is obtained through the sand casting process.

The pieces obtained from the foundry show adhesion of sand and burrs, for which they go through a cleaning process.

The cleaning of these pieces is done by hand, by a worker who proceeds to clean with their hands and craft tools: grinders, chisels, metal brushes, such impurities and deficiencies, to proceed then to the corresponding assembly

To carry out the design of the shot blasting machine, the current situation of the cleaning process of medium and small gray iron castings was evaluated, then the capacity of the shot blasting machine was determined, taking into account the fabricated parts, to then perform the calculation, design and selection of electromechanical mechanisms, to finally perform an economic evaluation of the proposal, using the VAN and TIR indicators.

**KEYWORDS:** Shot blasting, sand casting, parts cleaning.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática.**

#### **Nivel Internacional:**

##### **Venezuela**

La eficacia del proceso de fundición gris en Venezuela, se ve afectada en lo correspondiente a la calidad de la aleación, pues la solidificación se sucede a bajas temperaturas, lo que genera grafito libre en su estructura matricial y produce discontinuidades debido a los compuestos del baño químico (Lapoint, 2010, p. 35).

##### **Ecuador**

Torres hace referencia que el principal problema que presenta las partes metálicas de las maquinarias es la corrosión, que afecta progresivamente dañando en mayor porcentaje las partes externas expuestas al medio ambiente, para dar mantenimiento recomienda usar el proceso sandblast en cabina, este proceso dará mejores resultados y mejorara la calidad en la limpieza optimizando recursos como el tiempo y los materiales.

La inversión y costos de operación que conlleva la implementación del proceso de limpieza mecánica sandblast, encuentra justificación en el aumento de calidad de la limpieza superficial; mejorando en consecuencia la adherencia de recubrimientos de acabado, retrasando el fenómeno de corrosión y proporcionando mayor vida útil a las máquinas (Torres, 2013).

##### **Polonia**

El tratamiento superficial que utiliza la acción abrasiva dinámica de la corriente de un agente de limpieza se aplica para asegurar los parámetros requeridos de calidad de superficie. Bajo la acción de un agente de limpieza, las propiedades de la capa superficial cambian; este método de tratamiento se denomina comúnmente granallado y se utiliza para mejorar las características

mecánicas de resistencia, dureza, capacidad de resistir oxidación y capacidad de resistir cargas dinámicas cíclicas (fatiga) de los productos de fundición. Para evaluar el nivel de los cambios de los parámetros del material y las propiedades superficiales de los materiales fundidos, se realizan fundiciones de prueba que se granallan para examinar a fondo lo que respecta a su calidad superficial y micro-dureza, en el que se mantiene una intensidad constante y precisa del chorro. Las pruebas se realizan en un montaje que incorpora un chorreo industrial en la que la intensidad (velocidad) del agente de limpieza y sus condiciones de impacto (el ángulo de incidencia) se controlan con precisión (Fedoryszyn y Zyzak, 2010 p. 1).

## **USA**

Asimismo, el granallado mejora las propiedades y las superficies de las piezas fundidas, eliminando las irregularidades superficiales. Según los ensayos realizados, las probetas a las cuales se aplicaban chorros de granalla con mayores intensidades, lograban un aumento de doce puntos porcentuales en comparación con aquellas que no se sometían a dicho proceso. Además, se consigue eliminar la rugosidad propia de las piezas fundidas, quedando éstas con una apariencia de haber sido pulidas (MIC, 2001 p. 13).

## **Nivel Nacional**

### **Arequipa**

En el revestimiento de un producto, la calidad se ve comprometida cuando no se controla el proceso de limpieza superficial (granallado); la no disponibilidad de acceder a una cabina de granallado, obliga a la empresa a que dicho proceso sea realizado por un tercero, en condiciones que no garantizan un acabado de calidad y sin control de tiempos, lo que aumenta los costos y gastos (Palacio, 2016, p. 2).

### **Lima**

Para remover contaminantes, mejorar la limpieza, calidad y acabado correcto de las superficies, éstas deben tratarse mediante la técnica de impacto con

elementos abrasivos lanzados a altas velocidades (de entre 65 a 110 m/s), usando la técnica del granallado (Romero, 2010, p. 27).

### **Lima**

Al no contar con un dispositivo que capture y extraiga partículas sólidas en suspensión en el aire y otros residuos, el sistema de granallado no puede iniciar con su operación, debido al riesgo en la seguridad del operario y la contaminación del medio ambiente, la solución a dicho problema sería el acoplamiento de dicho dispositivo capturador y extractor de polvo del sistema de limpieza de superficies, esto mejorara la línea de producción en la empresa, aumentando la producción diaria, aliviando las cargas de trabajo y disminuyendo los tiempos de entrega. (Cajahuaman, 2014, p3)

### **Nivel Local**

En la empresa Fundinorte S.A.C que se encuentra ubicada en la calle Santa Magdalena Mz. L Lote 29 – José Leonardo Ortiz – Chiclayo, se ha observado que la limpieza de piezas medianas y pequeñas de hierro gris obtenidas mediante el proceso de fundición, se realiza con herramientas que no garantizan mayor rendimiento en la producción por lo que generan grandes pérdidas económicas. A esto, se suma el número de operarios técnicos necesarios para la compleción de esta acción y además al riesgo al que están expuestos por el uso de las herramientas como amoladoras, cinceles, escobillas de metal. Al realizarse esta actividad manualmente la calidad de la limpieza de las piezas es deficiente.

Por otro lado, el mercado local demanda progresivamente mayor cantidad de productos y con reducidos plazos de entrega, obligando a la empresa a darle mayor atención a la disminución del tiempo invertido en la realización de las tareas productivas y puesta en el mercado, por tal motivo estoy proponiendo el diseño de un dispositivo de granallado que permita limpiar mecánicamente piezas fundidas, el cual brindará una mayor eficiencia y calidad en dicho proceso y además, dará una visión para el desarrollo de nuevas máquinas y soluciones prácticas en los distintos procesos realizados en dicha empresa.

## 1.2. Trabajos Previos

### Internacional

**Fernández (2015)**, en su Trabajo final de Graduación “**Diseño de una recamara para el proceso de granallado de vigas metálicas**” (Guayaquil - Ecuador), tiene como objetivo el diseño de un ambiente destinado a la ejecución del proceso de granallado que permita limpiar las superficies de vigas metálicas con determinadas dimensiones; con ello se busca reducir la contaminación del aire al producirse el impacto y reducir costos operacionales, pues la granalla es reutilizable, con un consiguiente aumento de la producción debido a que se puede llevar a cabo este proceso en cualquier turno y hora del día sin generar inconvenientes al resto de áreas de trabajo de alrededor.

Concluye con el diseño satisfactorio del espacio físico para la ejecución del granallado, estableciendo sus dimensiones; asimismo, aplicando cálculos de ingeniería, se seleccionaron los equipos que forman parte del proceso. Además, debido al reciclaje y reutilización de la granalla, el porcentaje de contaminación es mínimo, comparado con un proceso en aquellos que utilizan arena como abrasivo, por lo que la implantación del proyecto, adicionalmente trae consigo beneficios de tipo ambiental.

**Belloso y Flamenco (2014)**, en su proyecto de investigación: “**Diseño y construcción de un sistema semiautomático de granallado de uso didáctico**” (San Salvador – El Salvador), El objetivo de este proyecto es diseñar, construir y comprobar un sistema de granallado y así lograr incrementar la resistencia mecánica por deformación plástica del material a tratar.

Se tiene como conclusiones que se diseñó, construyó y probó el trabajo de un aparato semiautomático para granallar caracterizándolo con 3 variables (distancia a la que se proyecta la granalla, el ángulo con el que incide la partícula abrasiva respecto de la superficie y precisión para granallar), con satisfacción se comprobó las variables que causan la mayor deflexión a una probeta plana de hierro dulce que son. Distancia de disparo, ángulo de incidencia y presión de granalla.

**Martínez y Pereiras (1991)** en su trabajo especial de grado **“Diseño y construcción de una maquina granalladora para limpieza externa de tuberías de acero”(caracas - Venezuela )**, el objetivo del trabajo realizado es realizar un sistema novedoso y eficiente de limpieza por lo que se procura construir una maquina granalladora que sirva para propulsar partículas esféricas y angulares llamadas generalmente granallas las cuales colisionan con la superficie externa de las tuberías de acero y de esa manera se ambiciona conseguir limpiar una superficie, pulirla y que quede dispuesta para posteriormente ser revestida externamente .de esta forma se intenta disminuir los tiempos de dicho proceso y por consecuencia reducir los costos .

Concluyen que se logró diseñar y construir una maquina granalladora y se hizo un balance completo del capital invertido y se pudo constatar que el ahorro era muy significativo al construir dicha maquina con respecto a comprarla en el exterior.

### **Nacional**

**Palacio (2016)**, en su tesis: **“Estudio de factibilidad para la implementación de una cabina de granallado en una empresa perteneciente al sector minero para eliminar los costos por tercerización” (Arequipa – Perú)**, plantea como objetivo general: indagar acerca de la implementación de un compartimiento para tareas de granallado dentro de en una empresa del rubro minería en Arequipa, con la finalidad de prescindir de costos por tercerización.

Al tercerizar este proceso de “limpieza superficial” la empresa tiene como costos el servicio de alquiler de camión, las horas hombre invertidas y el servicio de granallado; resultando un costo por mandar a granallar 1 m<sup>2</sup>. Los costos para implementar la Cabina de Granallado están conformados por las inversiones, la materia prima, la energía, el mantenimiento y la mano de obra, resultando una reducción del 86% de los costos por tercerizar.

Llegando a concluir que, implementando la cabina de granallado se logran eliminar los costos por tercerización, así como también la incertidumbre y la dependencia que se tenía al no tener control del proceso de granallado. Asimismo, determina que el proyecto es factible, ya que en el análisis

económico financiero el VAN obtenido es mayor a 0, es decir, que el proyecto genera más rentabilidad de la esperada.

Finalmente, mediante el método del Ranking de Factores se determinó la mejor ubicación para la Cabina de Granallado, de este modo se tienen una mejor utilización de espacios.

**Cajahuaman (2014), en su trabajo de investigación. “Diseño de un sistema de extracción de polvo para una cabina de granallado semiautomática en la empresa Prometal Roca Hermanos E.I.R.L.” (Lima – Perú),** Asume como objetivo, plantear un sistema para extraer polvo que se constituya como mecanismo fundamental de una máquina granalladora en la empresa PROMETAL, para la puesta en marcha y el buen desempeño de los operarios y de esa manera reducir el nivel de contaminación de las piezas tratadas, por sedimentación de partículas sólidas en la superficie y siendo vital en la línea de producción y aumentando la seguridad de los operarios y reducir la contaminación del medio ambiente.

Concluye que con la instalación del sistema de extracción se garantiza que las piezas después de ser tratadas con este proceso, reducirá notablemente los contaminantes sólidos de sus superficies, ya que al extraer las partículas sólidas del ambiente se evita la sedimentación sobre las superficies de las piezas tratadas garantizando la calidad de las mismas y el buen desempeño de los operarios.

**Según Medina (1992), en su proyecto de investigación: “Diseño de una máquina arenadora para pequeñas piezas” (Lima – Perú)** El presente proyecto, tiene como objetivo fabricar una maquina arenadora para realizar trabajos de limpieza, remoción de óxidos y cascarillas, y el anclaje de pintura. De este modo brindar a la industria la fabricación y acabado de piezas en óptimas condiciones; y por ende satisfacer las necesidades existentes. La mayoría de trabajos de mantenimiento tanto en los astilleros como en otras empresas (piezas de fundición) requieren de este tipo de máquina, por su facilidad y rapidez.

Concluye que luego de fabricada e instalada la máquina arenadora, se desarrollarán las pruebas donde durante y después se realizarán las verificaciones sobre alguna fuga. Un aspecto muy importante es evitar cualquier exceso y fatiga de carga.

Se fundamenta la aplicación de este sistema de granallado, para establecer parámetros modelo para la operación, limpieza y mantenimiento de piezas de gran precisión e instalaciones de plantas industriales y mineras. El costo de inversión efectuado está en óptimas condiciones, ya que el costo de instalación de equipos se recupera con el costo de operación y mantenimiento puesta en servicio de funcionamiento.

### **Local**

**Según Acosta Farro (2017), en su proyecto de investigación: “Diseño de una máquina granalladora para mejorar el proceso de limpieza externa de balones de GLP. Chiclayo, 2017”.** El presente proyecto, tiene como objetivo diseñar una máquina granalladora, para mejorar la limpieza externa de balones de GLP, en planta de Chiclayo. Concluyendo que de llevar a la construcción la máquina granalladora, teniendo una producción en mantenimiento de 110 balones por hora y trabajando ocho horas diarias, está en capacidad de cubrir la demanda de mantenimiento en Chiclayo.

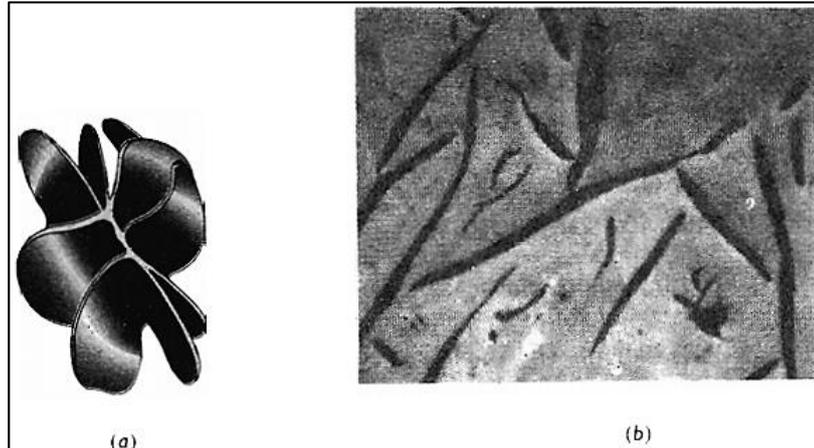
## **1.3. Teorías Relacionadas al Tema**

### **1.3.1. Fundición Gris**

“La fundición de hierro gris es el resultado de alear carbono, silicio y hierro en valores porcentuales típicos de entre 2% hasta un 4% del primero y entre 0.5% a 3% del segundo, y que mientras se solidifica se distingue una reacción eutéctica. Las fundiciones grises contienen muchos agrupamientos o celdas de costras interconectadas de grafito eutéctico” (Askeland, 1998, pp. 349).

Figura 1

Fuente: Askeland, 1998, p. 350



(a) esquema. (b) Microestructura de hojuelas de grafito en hierro fundido gris

[...] El punto en el cual se conectan estas costras u hojuelas es el núcleo original de grafito, la penetración ayuda a producir celdas interconectadas eutécticas más pequeñas mejorando así su tenacidad.

Una fundición gris está especificada por una clasificación numérica que empieza por el 20, llegando hasta un valor de 80. Esto significa que la fundición gris clase 20 ofrece una resistencia a la tensión nominal de 20 000 psi.

Por otro lado, para fundiciones gruesas, se producen caídas de resistencia a la tensión llegando hasta un valor de 12 000 psi, producto de sus granos ferríticos y las voluminosas incrustaciones de grafito, mientras que cuando la fundición es delgada, la perlita fina y el grafito formado, alcanzan valores de resistencia a la tensión cercanos a 40 000 psi. Si se agregan aleantes o se aplica algún tratamiento térmico específico, se podrán lograr mayores valores de resistencia a la tensión, si se reduce el carbono equivalente. Lo que origina bajos valores de ductilidad y resistencia, son las incrustaciones de grafito que son concentradoras de esfuerzos; sin embargo, las fundiciones grises

ofrecen características interesantes, como son: elevada capacidad de resistir compresiones, aceptable nivel de maquinabilidad, idónea oposición al deterioro por fricción y consecuentemente, alta resistencia a fatiga o lasitud térmica; posee buena conductividad térmica y elevada capacidad de amortiguamiento vibracional (Askeland, 1998, pp. 351-353).

### **1.3.2. Tratamientos de limpieza**

“Toda superficie que necesita ser recubierta posteriormente a su proceso de conformado, primero debe estar libre de imperfecciones e impurezas que se puedan haber adherido a ellas” (Poveda, 2001, p. 19).

El funcionamiento de una máquina o mecanismo, así como su rendimiento y la posibilidad de comercializarse, viene determinada por el estado de sus caras externas, pues son las que están expuestas y/o en contacto, bien con el ambiente o con otros elementos o componentes. Las solicitudes y especificaciones técnicas que el diseñador proyecta buscando cubrir las necesidades o funciones que una parte o pieza específica deben cumplir, alcanza mucha relevancia en función a los acabados de sus superficies, ya que lograr estos acabados demanda una significativa parte de sus costos productivos (Poveda, 2001, p. 1).  
[...] Lo que se busca es lograr la satisfacción en las funciones que va a desempeñar la pieza como son: el acabado y los tratamientos sobre su superficie. Todo esto se realiza a través de un conjunto de actividades las mismas que se encuentran concatenadas y sistematizadas para lograr el objetivo final. (Poveda, 2001, p. 1).

### **1.3.3. Normas de preparación de superficies**

“Para alcanzar el acabado deseado, según normas, se va comparando visualmente contra fotos (para las normas SSPC) o transparencias (para la normalización SIS), siendo éstas las normas más usadas en Latinoamérica” (CYM, 2006 p. 1).

Grado A: área superficial de una pieza de acero cuya capa de laminación se mantiene íntegra en toda su extensión y prácticamente libre de corrosión.

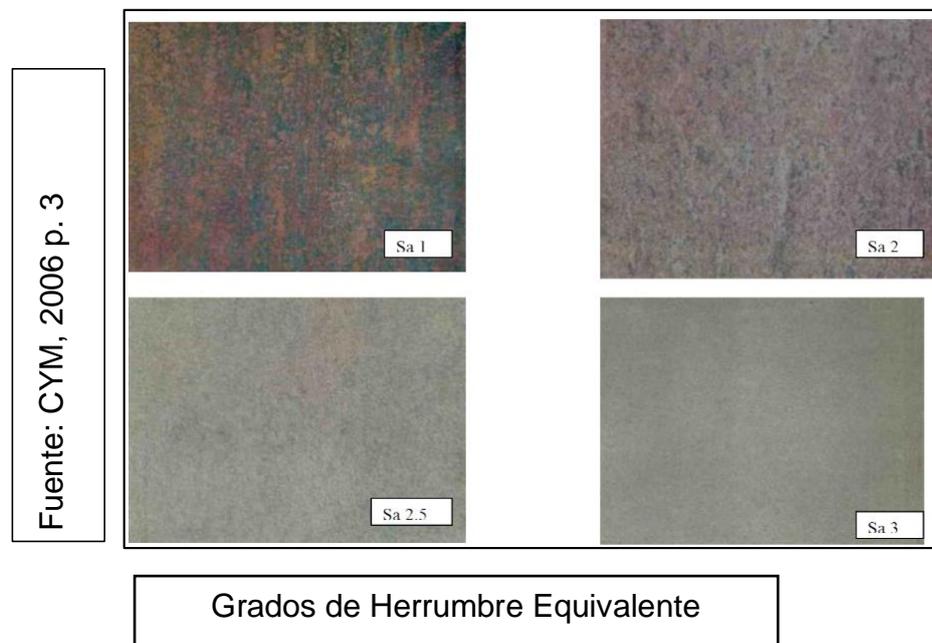
Grado B: área superficial de una pieza de acero con indicios de corrosión y cuya capa de laminación empieza a separarse.

Grado C: área superficial de una pieza de acero en la cual su capa de laminación ha sido destruida por corrosión o eliminada por frotado, pero sin formación de concavidades visibles a gran escala.

Grado D: área superficial de una pieza de acero donde la capa de laminación ha sido destruida por la corrosión y existe formación de concavidades visibles a gran escala (CYM, 2006 p. 2).

En SIS 05 5900 (norma europea), son cuatro los grados de herrumbre para un área superficial de piezas de acero laminadas en caliente, denominadas con las letras A, B, C y D. A partir de cada grado, se establecen los respectivos acabados de superficie, logrados por la proyección de partículas abrasivas (granallado - arenado), catalogados como: Sa 1, Sa 2, Sa 2 1/2, Sa 3, (CYM, 2006 p. 3).

Figura 2



[...] Existen cuatro grados de herrumbre equivalentes, según norma SSPC; que a su vez, definen calidades de acabado superficial:

- SSPC SP7 - Granallado / arenado ligero: a la vista, la cara superficial se ve libre de polvos, grasas, aceites, capa de laminación suelta, óxidos sueltos y desprendimientos de cubiertas de pintura. Donde esté sólidamente adherida, mantiene la capa de laminación. No es posible desprender estas partes usando objetos punzantes. Se usa específicamente en condiciones de mínima severidad y presentará zonas de fallas probables.
- SSPC SP6 - Granallado / arenado comercial: a la vista, la superficie se ve libre de polvos, grasas, aceites, y los restos de la capa de laminación no debe ser mayor a la tercera parte de la superficie, medida en pulgadas cuadradas y sólo deben verse como coloración distinta. Comúnmente, está especificado en zonas mínimamente solicitadas, sin corrosión ambiental.
- SSPC SP10 - Granallado / arenado cercano a metal blanco: la cara superficial se ve libre de polvos, grasas, aceites, capa de laminación suelta, desprendimientos de cubiertas de pintura y otros materiales extraños. Por cada pulgada cuadrada superficial, es admisible que aparezcan sólo como distinta coloración, máximo un 5% de restos. Es la especificación más generalmente utilizada. Posee características de rapidez y buena preparación en el trabajo. Aplicable en condiciones regulares a severas.
- SSPC SP5 - Granallado / arenado a metal blanco: la cara superficial se ve libre de polvos, grasas, aceites, óxidos, capa de laminación y restos de pintura, sin excepción. Se aplica en condiciones extremadamente severas: sales en solución, contaminantes ácidos, etc. (CYM, 2006 p. 5).

Figura 3



Fuente: CYM, 2006 p. 5

Tipos de Granallado

#### 1.3.4. Granallado

“Proceso cuya finalidad es limpiar una superficie de metal, a través del lanzamiento a altas velocidades de un material abrasivo en forma de partículas redondeadas, pero manteniendo bajo control las variables primordiales en función a las solicitudes especificadas de acabado de dicha superficie” (TUPY, 2000 p. 3).

[...] La energía cinética de las partículas proyectadas, justo antes de chocar contra el objetivo, es directamente proporcional a la masa de la partícula y al cuadrado de la velocidad, según la siguiente ecuación:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Dónde:

m = masa de la partícula en kg

v = velocidad de la partícula en m/s

La masa de una partícula esférica proyectada está dada por la relación:

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

Dónde:

r = radio de la partícula en m

$\rho$  = densidad del material en kg/m<sup>3</sup>

Entonces, la cantidad de energía cinética de una partícula esférica proyectada se determina por la ecuación:

$$E_c = \rho \cdot \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot v^2$$

Según las ecuaciones presentadas, variaciones significativas de la energía cinética pueden ocurrir en el chorro, en función a variaciones mínimas en las dimensiones y cantidades de partículas. De hecho, considerándose que la velocidad de las partículas se mantiene fija, independientemente del tamaño de las mismas, se observa, a través de la relación matemática establecida líneas arriba, que la disminución del radio de una partícula para la mitad de su valor inicial corresponde a una disminución de 8 veces su energía cinética. Inversamente, disminuyendo el tamaño de la partícula, aumenta la cantidad de partículas lanzadas por la turbina, manteniendo igual proporción a la disminución de su energía cinética, según se observar en la tabla I (TUPY, 2000 p. 3)

Tabla 1

Dimensión de la granalla			Cantidades aproximadas de partículas nuevas / Kg	Energía de impacto relativa aproximada
Nº SAE	Diámetro			
	Nominal	Medio		
780	2,00	2,38	18 100	500
660	1,70	2,00	30 600	300
550	1,40	1,68	51 600	175
460	1,18	1,41	87 300	100
390	1,00	1,17	152 900	60
330	0,85	1,00	244 900	37
280	0,71	0,84	413 100	22
230	0,60	0,71	684 100	13
170	0,43	0,55	1 471 700	6
110	0,30	0,39	4 127 700	2
70	0,18	0,30	9 068 600	1

Fuente: TUPY, 2000 p.

**Influencia de las dimensiones de las partículas**

[...] La eficiencia del trabajo depende de cómo se convierte la energía cinética en limpieza y esto está en función del ángulo de incidencia del chorro. (TUPY, 2000 p. 4).

### 1.3.5. Máquinas Neumáticas de Granallado

“Este tipo de máquinas utilizan tres sistemas para inyectar el aire comprimido con fines de granallado, siendo estas. Inducción por gravedad, presión directa, inducción por sifón” (Belloso y Flamenco, 2014, p.44)

### 1.3.6. Clasificación y Tipos de Boquillas para Granallado con Aire Comprimido

“En las máquinas de este tipo, la parte principal es la Boquilla, que para su selección hay que tener en cuenta cuatro parámetros”:

- Patrón de trabajo

El diámetro de la boquilla determina el régimen de trabajo.

- Suministro del compresor de aire

El suministro de aire debe tener una capacidad de 50% más del volumen de aire requerido por la boquilla. Como regla principal se

debe considerar que el diámetro interior de la manguera debe coincidir con el diámetro de entrada de la boquilla.

- **Diámetro de la boquilla**

El diámetro de la boquilla caracteriza la capacidad de aire a inyectar, por ejemplo los consumos de aire y granallas 250 pies<sup>3</sup>/min son lo suficiente para operar una boquilla de 7/16" a 100 lb de presión y conforme aumenta el diámetro de la boquilla incrementar el volumen de aire a necesitar.

Es importante recalcar que el diámetro de la boquilla es muy importante, tener en cuenta las condiciones de trabajo.

- **Material de la boquilla.**

El material de la boquilla depende de la granalla que se ha elegido. En los siguientes ítems se dan algunas pautas para realizar la selección del material de la boquilla. (Belloso y Flamenco, 2014, p.45)

### **1.3.7. Aire Comprimido - Compresores de Aire**

“Son los aparatos que proporcionan energía a las herramientas y a multitud de máquinas en múltiples sectores productivos. Es decir, es una fuerza motriz y sustituye a la electricidad porque es más segura y barata. Los compresores de aire comprimido son capaces de hacer funcionar naves industriales enteras.” (Belloso y Flamenco, 2014, p.55).

A la hora de elegir un compresor debes tener en cuenta:

#### **El tanque**

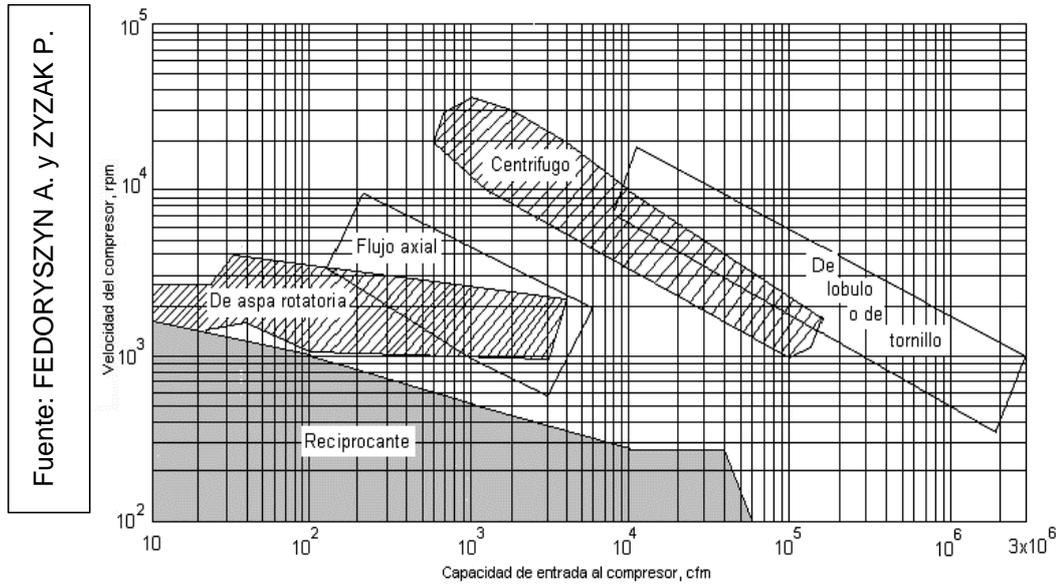
La mayoría de los compresores tienen un tanque para almacenar el aire de distintas dimensiones. Debes elegir el modelo que más se adapte a tus necesidades, teniendo en cuenta por supuesto la potencia de la herramienta que vayas a utilizar.

#### **El caudal**

La cantidad de aire comprimido que puede almacenar o expulsar. El caudal también te ayudará a elegir la potencia que necesitas. Como norma general puedes tener en cuenta que por

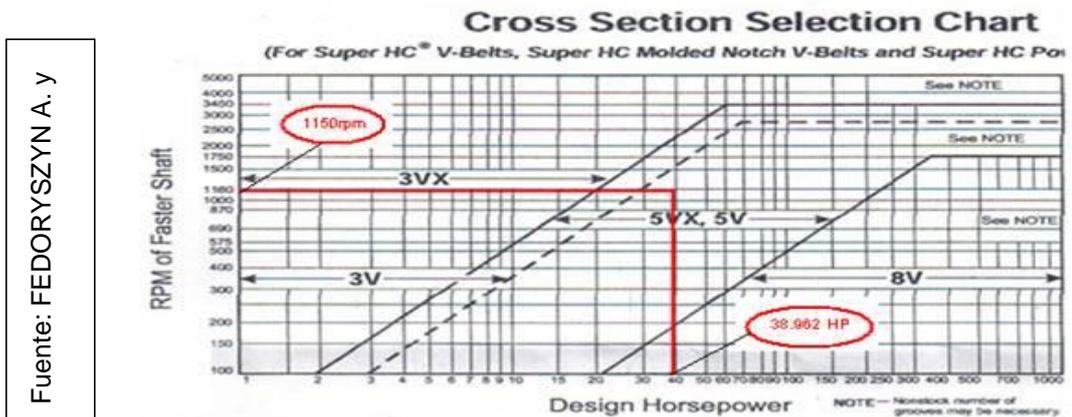
cada caballo de potencia se consigue un caudal de 100 litros de aire comprimido por minutos.

Figura 4



Capacidad de entrada a compresor

Figura 5



Potencia de un compresor

#### 1.4. Formulación del Problema

¿Cómo mejorar la limpieza de piezas pequeñas y medianas de hierro gris, utilizando una Granalladora, obtenidas por fundición en la empresa Fundinorte S.A.C. Chiclayo?

## **1.5. Justificación del Estudio.**

La investigación informada en este trabajo se desarrolla debido a la contingencia que se presenta en la empresa Fundinorte S.A.C., cuya línea de producción masiva es la fabricación de máquinas despulpadoras de café, al no contar con un sistema de limpieza superficial de piezas medianas y pequeñas de hierro gris, obtenidas mediante el proceso de fundición en horno cubilote con moldes de arena.

### **Justificación Técnica**

La limpieza superficial de piezas y partes metálicas es una tarea cotidiana en las empresas metalmecánicas en general; y especialmente, en aquellas que se dedican a la realización de dichos elementos mediante procesos de fundición. Dado que ya se han producido considerables avances tecnológicos en este aspecto, el proyecto encuentra justificación técnica en el hecho de que representa un significativo aporte hacia la mejora de los procesos productivos en su campo de aplicación.

Debido a la creciente demanda de sus productos, la empresa se ve obligada a producir mayor cantidad en menor tiempo; eso conlleva a evaluar las restricciones en los procesos de producción y mejorarlos, encontrándose una gran deficiencia en la limpieza superficial de las piezas previas a tratamientos mecánicos posteriores.

Por otro lado, en la actualidad, esta actividad es realizada manualmente utilizando herramientas como discos abrasivos (amoladoras), cinceles, escobillas. La propuesta conlleva a implementar un proceso semiautomático para la ejecución de dicha limpieza.

### **Justificación Económica**

El principal aporte en este aspecto, se refleja en la ocasión de perfeccionar y optimar los procesos de limpieza y preparación superficial de las piezas fundidas, pues es ineludible que la empresa los descarte, ya que ello iría en

desmedro de procesos posteriores (tales como el recubrimiento o tratamiento superficial de las piezas), en contra de los servicios que brinda y sus intereses económicos.

La implementación de propuesta permite economizar en mano de obra, ya que, debido a que continuamente se tiene que mover y voltear las piezas para facilitar su limpieza, el operario siempre debe contar con un ayudante como soporte para ejecutar esta tarea, lo que implica invertir más tiempo en realizar este trabajo, y consecuentemente, incrementar la inversión en personal técnico operativo y recursos para la empresa.

### **Justificación Ambiental**

La aplicación de este proceso tiene implícita la orientación hacia las tres erres ecológicas: reducir, reutilizar y reciclar. Dado que la granalla es reutilizable, el impacto comparado con otros procesos que usan otro tipo de abrasivos y/o necesitan aditivos adicionales (tales como agua, por ejemplo), representan en sí mismos un gran aporte hacia la cultura ambiental y su actuación con responsabilidad social empresarial.

### **Justificación Social**

Al usar esta máquina propuesta de diseño específico, se elevará la calidad del producto, obteniendo mejores resultados, ya que las superficies de las piezas limpias tendrán mayor uniformidad, garantizando una mejor adherencia de la pintura y/o tratamiento superficial y acrecentando el lapso de tiempo sin que se presente degradación físico química en las máquinas dándoles mayor longevidad, optimizando tiempos de operación y uso de materiales. El entorno social sentirá el impacto al comprobar dichas variables en contraste con productos similares, ofrecidos en el mercado.

## **1.6. Hipótesis.**

El diseño de la granalladora permite mejorar la limpieza de piezas pequeñas y medianas de hierro gris, obtenidas por fundición en la empresa Fundinorte S.A.C. Chiclayo.

## **1.7. Objetivos.**

### **General**

Diseñar una Granalladora para mejorar la limpieza de piezas pequeñas y medianas de hierro gris, obtenidas por fundición en la empresa Fundinorte S.A.C. Chiclayo.

### **Específicos**

- Diagnosticar la situación actual en el proceso de limpieza de piezas pequeñas y medianas fundidas de hierro gris en la empresa Fundinorte s.a.c. Chiclayo.
- Determinar la capacidad de la Granalladora de acuerdo a la cantidad de piezas fabricadas en dicha empresa.
- Seleccionar los mecanismos electromecánicos de la Granalladora.
- Realizar la evaluación económica del Proyecto, haciendo uso para ello de los indicadores económicos: VAN, TIR.

## II. METODO.

### 2.1. Diseño de Investigación.

**No experimental.-** Puesto que en mi investigación no se intenta alterar intencionalmente variables independientes por lo que se contemplaran los fenómenos tal cual se dan en su entorno. Esto se debe a las restricciones elucidas acerca del precio de inserción y el periodo extenso de conseguir resultados.

### 2.2. Variables de Operacionalización.

**2.2.1. Variable independiente.-** Diseño de Granalladora.

**2.2.2. Variable dependiente.-** Limpieza superficial de piezas pequeñas y medianas de hierro gris.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición
<p><b>Independiente:</b></p> <p>Diseño de granalladora.</p>	<p>Una granalladora es un mecanismo mediante el cual se realiza el trabajo mecánico de lanzamiento de partículas esféricas y angulares abrasivas a alta velocidad, sobre una superficie de piezas metálicas, para remover y limpiar los contaminantes, para un posterior tratamiento. <b>(CYM Materiales, 2006, p1)</b></p>	<p>Para el diseño de una granalladora con aire comprimido, es necesario dimensionar los mecanismos mecánicos y eléctricos, utilizando las teorías científicas en cuanto a resistencia de materiales y procesos de fabricación, maquinas eléctricas, de forma tal que, usando la técnica de tratamiento por impacto, permita modificar el estado superficial del hierro gris, después de haber sido sometido a un proceso de fundición. <b>(CYM Materiales, 2006, p2)</b></p>	<p>Diseño mecánico.</p> <p>Diseño eléctrico.</p>	<p>Torque RPM Velocidad</p> <p>Potencia Mecánica</p> <p>Tensión</p> <p>Intensidad de Corriente</p> <p>Potencia Eléctrica</p> <p>Frecuencia</p>	<p>Guía de observación</p>	<p>Razón o Proporción</p>

<p><b>Dependiente:</b></p> <p>Limpieza superficial de piezas pequeñas y medianas de hierro gris.</p>	<p>La limpieza superficial de piezas de hierro gris es el proceso de limpieza superficial que logra reducir las irregularidades, óptimo valor de limpieza y decapado, así como uniforme acabado superficial; produciéndose la exclusión de impurezas de la superficie (costras, incrustaciones, elementos residuales y/o materiales del proceso de fundido, rebabas, etcétera). <b>(Autoría propia)</b></p>	<p>La eliminación del error humano en la limpieza de piezas fundidas, reemplazándolo con un proceso de granallado con criterios y parámetros constantes, mejorando la calidad de limpieza de las piezas y acortara tiempos de trabajo, esto reducirá costos económicos a la empresa y también disminuirá la contaminación ambiental <b>(Autoría propia)</b></p>	<p>Parámetros y de criterios operación constantes</p> <p>Estructura geométrica de las piezas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rugosidad</li> <li>- Protocolo de inmovilización de la pieza.</li> <li>- Distancia de salida de boquilla a pieza.</li> <li>- Tiempo de exposición al chorro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hoja de Encuesta.</li> <li>- Ficha de observación</li> </ul>	<p>Razón o Proporción</p>
--	---	---	--	--	---	---------------------------

### 2.3. Población y Muestra.

#### **Objeto de análisis (OA).**

Limpieza mecánica de piezas pequeñas y medianas de fundición gris.

#### **Población (N).**

La población está constituida por todas las piezas de hierro gris obtenidas mediante el proceso de fundición en la empresa Fundinorte S.A.C. Chiclayo.

#### **Muestra (n).**

La muestra es igual a la población y está constituida por todas las piezas fundidas de hierro gris de pequeño y mediano tamaño realizado por la empresa Fundinorte S.A.C. Chiclayo.

### 2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

TECNICA	USO	INSTRUMENTOS
- Encuesta	- Aplicadas a trabajadores de empresas dedicadas a la fundición de hierro gris.	- Hoja de Encuesta.
- Observación	- Análisis documental.	- Ficha de observación

### 2.5. Métodos de análisis de datos

Para confeccionar esta tesis se emplean los siguientes métodos:

#### **Método de observación científica:**

Ejecutado tomando como base los objetivos formulados en el presente estudio y dentro de la empresa, con vista a recabar toda la indispensable información, así como la contextualización de la experiencia.

**Método Deductivo:**

Recopilar toda la información posible con respecto a nuestro tema de investigación en empresas, bibliotecas, Internet, la cual nos ayude al desarrollo eficiente de la investigación.

**2.6. Aspectos Éticos**

El presente estudio pretende aportar conocimiento acerca de procedimientos tecnológicos modernos de manera que conlleven a lograr avances en las prospecciones industriales de la fundición en la región. Asimismo, está orientado a cumplir con la normativa, estándares y reglamentos vigentes que le sean aplicables, sobre todo, los referidos al cuidado ambiental y de seguridad y salud ocupacional.

Por su naturaleza, cumple con las normas éticas referidas al respeto de la propiedad intelectual y con la no exposición a situaciones riesgosas o daños que puedan generar incapacidad tanto al investigador como a las personas que directa o indirectamente estén involucradas con esta propuesta.

### III. RESULTADOS

#### **3.1. Diagnosticar la situación actual en el proceso de limpieza de piezas pequeñas y medianas de hierro gris en la empresa Fundinorte s.a.c. Chiclayo.**

La empresa Fundinorte SAC, se ubica en la Calle Santa Magdalena Mz. L Lt. 29 - P.J. San Miguel, Distrito. José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo, se dedica desde hace ya 10 años a la fabricación de Máquinas Despulpadoras así como Bombas Centrífugas para agua, las cuales son vendidas en la zona Nororiental de nuestro país.

Las piezas obtenidas por fundición de arena son:

Para la Máquina Despulpadora:

- 2 patas.
- 2 Engranaje.
- 1 Polea.
- 1 Cilindro o Tambor.
- 1 pechero.
- 4 chumaceras.

Para la Bomba Centrífuga para Agua:

- Casco.
- soporte de cojinetes.
- Rodete.
- polea o plato.
- tapa de presión.
- 2 acoples de entrada y salida.

En el siguiente cuadro podemos apreciar la producción Semanal de piezas y máquinas en la empresa Fundinorte SAC.

Tabla 2

Fuente: Elaboración Propia

TIPO DE MAQUINA	PRODUCCION SEMANAL	PIEZAS QUE LO CONFORMAN	PIEZAS FUNDIDAS A LA SEMANA
Maquina Despulpadora	70	11	770
Bombas Centrifugas para Agua	10	7	70
Otros	-	30	30
Total			870

**Producción Semanal de Piezas y Máquinas en la empresa Fundinorte SAC**

Registro de máxima producción a la semana

Figura 6

Fuente: Elaboración Propia

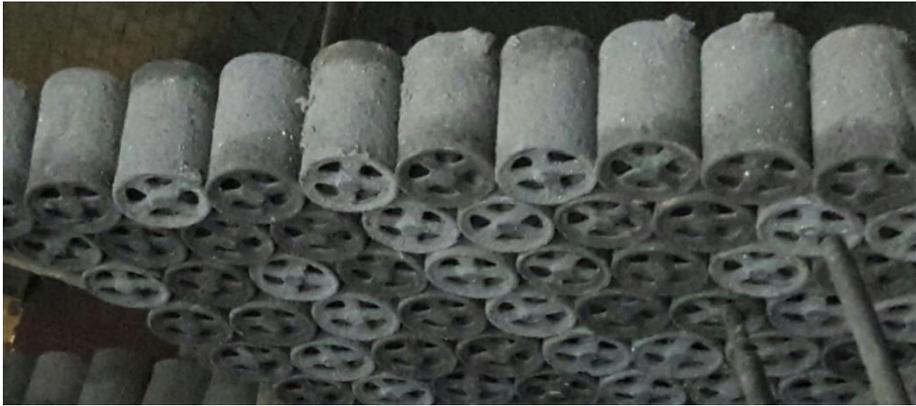


Vistas de Despulpadoras de Café en proceso de Armado

Las piezas obtenidas de la fundición, presentan adherencia de arena y rebabes, para lo cual pasan por un proceso de limpieza.

Figura 7

Fuente: Elaboración Propia



Vistas de las piezas obtenidas en fundición

Figura 8

Fuente: Elaboración Propia



Vistas de las piezas obtenidas en fundición

Figura 9

Fuente: Elaboración Propia



Vistas de Piezas Fundidas con Incrustaciones de Arena

La limpieza de las piezas fundidas de hierro gris, impregnadas de arena y con rebabas, se realiza en forma artesanal, por un obrero quien procede a limpiar con sus manos y herramientas artesanales como:

Amoladoras.

Cinceles.

Escobillas de metal.

Dichas impurezas y rebabas, no son retiradas uniformemente con dicho método de limpieza, siendo un obstáculo para proceder luego al ensamble correspondiente.

Figura 10

Fuente: Elaboración Propia



Trabajador realizando el proceso de limpieza

La cantidad de piezas limpiadas por un Obrero al día es de aproximadamente 48 piezas, siendo su salario 5 S/ /h y el régimen de trabajo es 8 horas al día, por 6 días a la semana.

Así mismo el inconveniente de hacerlo manualmente origina que se demore más tiempo del necesario y las piezas no tengan un buen acabado, tal como la apreciamos en la siguiente figura, además del riesgo que tiene el obrero al estar expuesto a las impurezas y arena.

Figura 11



Fuente: Elaboración

Piezas de Bomba Centrífuga después del proceso de limpieza

De lo que se ha podido observar la arena impregnada en las piezas que salen de la fundición, tiene un espesor entre 12,5  $\mu\text{m}$  a 25  $\mu\text{m}$ . Para el presente trabajo se ha tomado el espesor promedio de 20  $\mu\text{m}$

#### RESULTADOS DE LA ENCUESTA.

**Pregunta: ¿qué beneficio podría mencionar en la mejora del proceso de fabricarse la granalladora?**

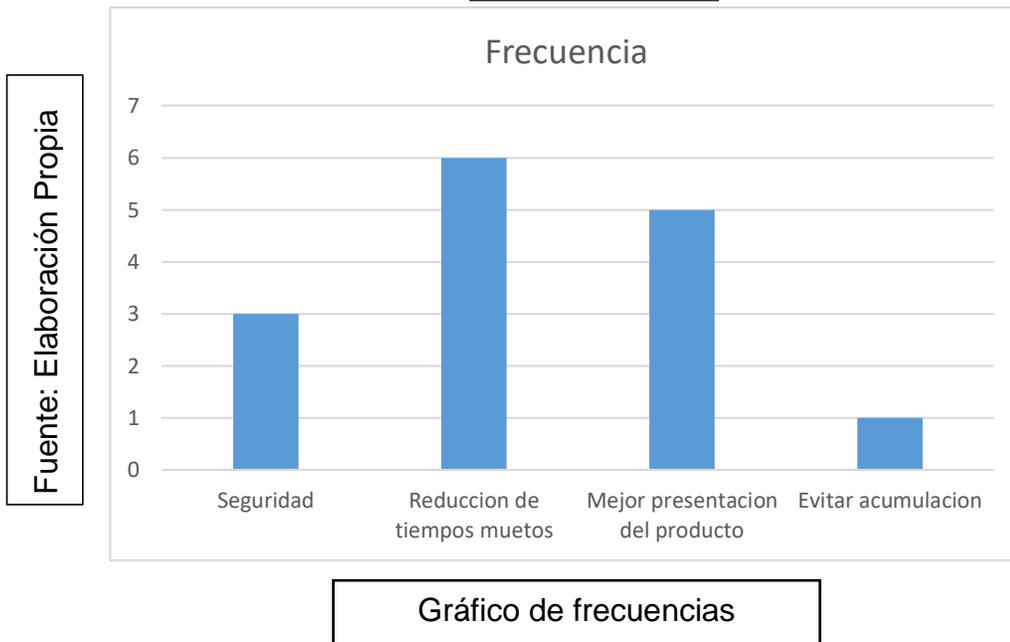
Tabla 3

TABLA E FRECUENCIAS				
Valido	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje valido	Porcentaje acumulado
Seguridad	3	20%	20%	20%
Reducción de tiempos muertos	6	40%	40%	60%
Mejor presentación del producto	5	33%	33%	93%
Evitar acumulación	1	7%	7%	100%
Total	15	100%	100%	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla de frecuencias

Figura 12



Interpretación: De las 15 personas encuestadas podemos deducir en el grafico lo siguiente.

6 personas que representan el 40% indican que se reducirá los tiempos muertos en el proceso de limpieza de piezas fundidas.

5 personas que representa el 33% indican que las piezas tendrán un mejor acabado de limpieza superficial.

3 personas que representan el 20% indican que habrá mayor seguridad al realizar el proceso de limpieza.

1 personas que representan el 7% indican que se tendrán menos acumulación de piezas sin limpiar en su área laboral.

Los resultados dela encuesta aplicada a los 15 trabajadores me permiten conocer las necesidades de implementar el sistema de granallado en la empresa Fundinorte s.a.c. Chiclayo.

### 3.2. Capacidad de la Granalladora de acuerdo a la cantidad de piezas fabricadas en dicha empresa.

Para determinar la capacidad de la Granalladora empezamos a analizar el espesor de la arena que queda impregnada en las piezas fundidas, la misma que oscila entre 12,5  $\mu\text{m}$  a 25  $\mu\text{m}$ .

En la tabla 4 presentamos las piezas a limpiar y el espesor de arena a limpiar.

Tabla 4

PIEZA	ESPESOR ARENA
	( $\mu\text{m}$ )
<b>MAQUINA DESPULPADORA</b>	
Pata	20
Engranaje	22
Polea	20
Cilindro o Tambor	25
Pechero	18
Chumacera	18
<b>BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA</b>	
Casco	25
Soporte de cojinetes	17
Rodete	20
Polea o plato	22
Tapa	12,5
<b>PROMEDIO (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>20,0</b>

Fuente: Elaboración Propia

Pieza Fundida y el Espesor de

De acuerdo a la siguiente tabla el tiempo de exposición de una pieza para quitar esta arena es el siguiente

Tabla 5

ESPESOR ARENA ( $\mu\text{m}$ )	TIEMPO DE EXPOSICIÓN (s)
5	10
10	15
15	20
<b>20</b>	<b>25</b>
25	30
30	35
35	40
40	45
45	50

Fuente: TUPY Indústria de Fundição, Ltda. El proceso de arañado. pp. 28

Tiempo necesario para eliminar el espesor de

De acuerdo a la tabla anterior y considerando un espesor promedio de 20  $\mu\text{m}$ , el tiempo que se necesita para eliminar esta arena es de 20 segundos, en función a ello y considerando que todas las piezas tienen 2 caras a limpiar entonces tenemos:

Tabla 6

Fuente: Elaboración Propia	ACTIVIDAD	TIEMPO (s)
	Encendido <u>Granalladora</u>	4
	Colocar la Pieza en la <u>Granalladora</u>	2
	Granallado Cara 1 de la pieza	25
	Dar la Vuelta a la pieza	2
	Granallado Cara 2 de la pieza	25
	Sacado de la Pieza de la <u>Granalladora</u>	2
	<b>TOTAL (s)</b>	<b>60</b>

**Tiempo necesario para eliminar la arena en una pieza**

De la Tabla anterior podemos concluir que el tiempo promedio que necesita una pieza para eliminar la arena es de 60 segundos, con lo cual obtenemos la productividad que sería de **60 piezas/hora** este dato es considerando las piezas de tamaño mediano, en el caso de las piezas pequeñas pueden entrar hasta 3 en una sola carga.

Tabla 7

Fuente: Elaboración Propia	REGIMEN	CANTIDAD DE PIEZAS
	Hora	60
	Diario	480

**Cantidad de Pieza procesadas**

Para determinar la capacidad de la máquina así como su tamaño se ha tomado en cuenta los siguientes criterios:

- Tamaño de las piezas a limpiar
- Cantidad de las piezas a limpiar

Tiempo de producción de piezas fundidas (actualmente es 01 vez a la semana y son 870 piezas)

### **3.3. Seleccionar los mecanismos electromecánicos de la Granalladora**

Para el presente trabajo de investigación y con la capacidad de **60 piezas/hora**, se diseñará la Maquina Granalladora, cuyo proceso consta de 04 sistemas:

- Pistola de Disparo
- Cámara de Disparo
- Tolva Recolectora
- Sistema Electro neumático

#### **Pistola de Disparo**

Es el elemento principal, para su diseño se tuvo en cuenta las condiciones, tomando como referencia “Shot peening nozzle performance” VacuBlast Corporation 1967:

- El diámetro de granalla de  $3,3 \pm 0,1$  mm,
- El flujo máximo de 40 pies<sup>3</sup>/min (0,0188779 m<sup>3</sup>/s)
- Una presión de operación de 90 libra/pulg<sup>2</sup>, y una sobre dimensión de presión de operación máxima de 175 libra/ pulg<sup>2</sup>)
- Partes, que comprenderá: el inyector, el cuerpo y la boquilla,
- El diseño se basará en tres posiciones fijas de la pistola, la misma que puede accionarse manualmente, y estará sobre una base en movimiento automático,
- Velocidad de disparo mayor de 40 m/s

Se considera que el flujo es del tipo: flujo isentrópico unidimensional (flujo adiabático y sin efectos disipativos en una sola dirección).

Tomando como base los criterios antes mencionados se procede a determinar el perfil de la boquilla, para las condiciones de trabajo establecidas.

Para el presente diseño se considera una Boquilla Recta, (ver Figura 13), la cual trabajará correctamente con el flujo máximo y satisface las necesidades del equipo.

Figura 13



Fuente: Elaboración Propia

Perfil de Boquilla

Utilizando el perfil de la boquilla dimensionamos las medidas internas de las partes de la pistola, tomando en cuenta 02 parámetros fundamentales, los cuales son:

- Diámetro de granalla y
- Consumo de aire

Para el Consumo de Aire, utilizaremos la siguiente Tabla:

Tabla 8

Tamaño	Caudal de Aire CFM con flujo de granalla.						
S70 THRU S390	29.4	37.6	45.8	52.4	62.2	70.7	78.8
	Intensidad de granallado banda "A"						
S70	0.006	0.009	0.011	0.012	0.014	0.014	0.015
S110	0.006	0.009	0.011	0.013	0.014	0.015	0.016
S170	0.01	0.014	0.016	0.018	0.02	0.021	0.021
S230	0.012	0.016	0.019	0.021	0.023	0.024	0.025
S330	0.012	0.018	0.022	0.024	0.026	0.025	0.027
S390	0.014	0.019	0.023	0.025	0.027	0.028	0.029
	Flujo de granalla: lb/min						
S70 THRU S390	4.2	5.2	6.4	7.3	8.3	9.3	10.4

Fuente: Vacu Blast Corporation

Consumo de Aire por tamaño de Granalla para una

En la tabla 8, obtenemos que para una granalla S330 con un diámetro de 3,3 mm se obtiene:

Flujo Máximo con flujo de abrasivo: 37,6 pies<sup>3</sup>/min

Un flujo másico de granalla de: 5,2 lb/min

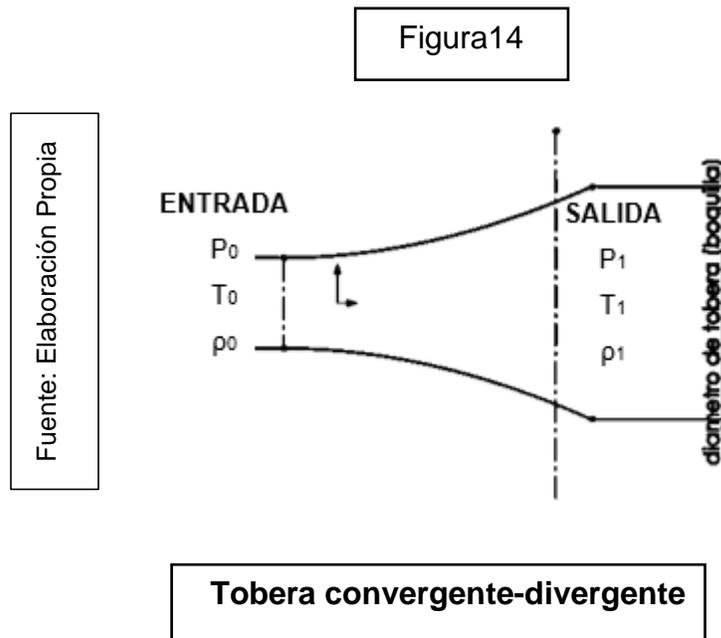
Intensidad Almen: 0,018" para una probeta Almen tipo A

Con los datos anteriores podemos utilizar una boquilla de ¼".

Considerando que se recomienda que el diámetro interno de la boquilla sea al menos 2 veces el diámetro de la granalla, por lo que el diámetro de la granalla cumple con dichas condiciones.

Para el diámetro del inyector, tomando como referencia el libro "Shot peening nozzle performance" de Vacu Blast Corporation, se recomienda que se seleccione un diámetro que sea la mitad del diámetro de la boquilla, por lo que el diámetro del inyector será de 1/8".

El análisis del conjunto de la pistola se hará como una tobera divergente (ver, Fig. 14) la cual disminuye la presión a un punto mínimo y aumenta la velocidad del fluido en la salida del inyector donde está la entrada del abrasivo.



De la figura anterior apreciamos las condiciones de estancamiento de la entrada de la boquilla, las cuales son el **Punto 0** con  $P_0$ ,  $T_0$  y  $\rho_0$ . Luego, se tiene el **Punto 1** con  $P_1$ ,  $T_1$  y  $\rho_1$  a la salida del inyector o la garganta de la tobera divergente.

Así, a partir de los puntos de análisis establecidos, se sabe que el caudal total que fluirá por la boquilla es de 40 pies<sup>3</sup>/min, para la cual los porcentajes de aire y granalla son:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{aire}} + Q_{\text{granalla}}$$

De donde:

El Caudal de Aire será:

$$Q_{\text{aire}} = 99,95\%Q_{\text{Total}}$$

$$Q_{\text{aire}} = 99,95\% \times 40 \text{ pies}^3/\text{min}$$

$$Q_{\text{aire}} = 39,98 \text{ pies}^3/\text{min} = 1,887 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

El Caudal de la Granalla será:

$$Q_{\text{granalla}} = 0,05\%Q_{\text{Total}}$$

$$Q_{\text{granalla}} = 0,05\% \times 40 \text{ pies}^3/\text{min}$$

$$Q_{\text{granalla}} = 0,02 \text{ pies}^3/\text{min} = 9,439 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

Los diámetros son respectivamente:

$$\varnothing_{\text{boquilla}} = \frac{1}{4}'' = 0,00635 \text{ m}$$

$$\varnothing_{\text{inyector}} = \frac{1}{8}'' = 0,003175 \text{ m}$$

Suponiendo que el aire se comporta como un gas ideal donde el Calor Específico es constante  $k=1,4$ , dato tomado de Fundamentos de transferencia de calor, Frank P. Incropera, David P. DeWitt, con esto buscamos propiedades isentrópicas del aire, para luego calcular las condiciones de presión, temperatura y densidad del aire a la salida del inyector.

También, se necesita calcular su número de Mach para lo cual se determina la relación de áreas. Así, esto queda de la forma siguiente:

Cálculo del Área:

$$A = D^2(\pi/4)$$

La relación de áreas se determina a partir de la ecuación:

$$(A_B / A_I) = (\pi/4 D^2) / (\pi/4 d^2) = 4$$

Donde:

D: Diámetro de la boquilla y

d: Diámetro del inyector

Sustituyendo los valores en la ecuación anterior tenemos:

$$(A_B / A_I) = (\pi/4 0,00635^2) / (\pi/4 0,003175^2) = 4$$

Con esta relación en la siguiente Tabla de relaciones isentrópicas unidimensionales, obtenida del libro Apuntes de Mecánica de Fluidos: 2ª parte, Autor, Julián Martínez de la Calle. Donde se tienen:

M	A/A*	P/P <sub>0</sub>	ρ/ρ <sub>0</sub>	T/T <sub>0</sub>
0.15	4.00	0.984	0.989	0.986
2.94	4.00	0.030	0.081	0.366

Fuente: Apuntes de Mecánica de Fluidos: 2ª parte. Julián Martínez de la Calle n. 12

**Relaciones Isentrópicas Unidimensionales**

De los datos anteriores se toman cuando  $M > 1$ , ya que es cuando la tobera divergente se comporta de forma aceleradora del flujo.

Considerando Mach = 2,94 las condiciones de estancamiento son:

$$P_0 = 80 \text{ PSI} = 551580,583 \text{ Pa}$$

$$T_0 = 27 \text{ °C} = 300,15 \text{ K}$$

Utilizando la ecuación de los gases ideales, calculamos la densidad del aire:

$$P_{abs 0} V_0 = R T_0$$

Donde:

P: Presión Absoluta

V: Volumen

R: Constante de los gases ideales

T: Temperatura Absoluta

Además, dado que:

$$V_0 = 1 / \rho_0$$

Así, la presión absoluta se puede expresar por ecuación:

$$P_{abs 0} = \rho_0 \cdot R \cdot T_0$$

Por lo tanto la densidad será:

$$\rho_0 = (P_{abs 0}) / (R \cdot T_0)$$

Así, para encontrar la presión absoluta se puede utilizar la ecuación:

$$P_{abs 0} = P_{man} + P_{atm}$$

$$P_{abs 0} = P_0 + P_{atm}$$

Sustituyendo en la ecuación, queda:

$$P_{abs 0} = 551580,583 \text{ Pa} + 98043,449 \text{ Pa} = 649624,032 \text{ Pa}$$

Además, dado que:

$$T_0 = 300,15 \text{ K}$$

$$R = 283 \text{ (m N/ kg K)}$$

Entonces al despejar la densidad de la ecuación, ésta queda:

$$\rho_0 = (P_{abs 0}) / (R \cdot T_0)$$

$$\rho_0 = (649624,032) / (283 \times 300,15)$$

$$\rho_0 = 7,652 \text{ kg / m}^2$$

Con las relaciones isentrópicas unidimensionales de la Tabla 7, se tiene la ecuación:

Presiones:

$$P_{abs 1} / P_0 = 0,030$$

Entonces sustituyendo en la ecuación, queda:

$$P_{abs\ 1} = 0,030 \times 649624,032 \text{ Pa} = 19488,721 \text{ Pa}$$

La cual es la presión absoluta a la salida del inyector.

Despejando la presión manométrica de la ecuación, esta queda:

$$P_{man} = P_{abs} - P_{atm}$$

$$P_1 = P_{abs\ 1} - P_{atm}$$

Sustituyendo en la ecuación, se tiene:

$$P_1 = 19488,721 \text{ Pa} - 98043,449 \text{ Pa} = -78554,728 \text{ Pa}$$

$$P_1 = -78554,728 \text{ Pa}$$

Con lo anteriormente realizado se garantiza que la pistola a la entrada generará succión del abrasivo y no una contrapresión en ese punto, facilitando que las granallas entren libremente por gravedad al cuerpo de la pistola y en si al flujo de aire.

En seguida analizamos la velocidad con que la granalla saldrá de la boquilla, para ello se determina a qué velocidad sale la mezcla aire-granalla de la boquilla, así:

$$\dot{m}_t = A_t + V_s + \rho_m$$

Donde:

$A_t$ : Área transversal de la boquilla

$V_s$ : Velocidad de Salida

$\rho_m$ : Densidad de la mezcla

Entonces el flujo másico total  $\dot{m}_t$  se puede calcular por la ecuación:

$$\dot{m}_t = \dot{m}_a + \dot{m}_g$$

Para ello calculamos los flujos másicos de aire  $\dot{m}_a$  y de granalla  $\dot{m}_g$ .

De las relaciones isentropicas obtenidas de la Tabla 7, se tiene que:

$$\rho / \rho_0 = 0,081$$

Sustituyendo en la ecuación, se tiene:

$$\rho = 0,081 \rho_0 = 0,081 \times 7,652 = 0,620 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Con la densidad del aire calculamos el flujo másico, así:

$$\dot{m}_a = Q \rho$$

Sustituyendo en la ecuación, se tiene:

$$\dot{m}_a = 0,01887 \times 0,620 = 0,0117 \frac{kg}{s}$$

Luego calculamos el flujo de granalla, utilizando para ello un valor de densidad de 4000 kg/m<sup>3</sup>, obteniendo:

$$\dot{m}_g = 9,439 \times 10^{-6} \times 4000 = 0,0378 \frac{kg}{s}$$

Por lo tanto, el flujo másico total es:

$$\dot{m}_t = \dot{m}_a + \dot{m}_g$$

$$\dot{m}_t = 0,0117 + 0,0378 = 0,0495 \frac{kg}{s}$$

Ahora hallamos la densidad de la mezcla del flujo másico total obteniendo:

$$\rho_m = \frac{\dot{m}_t}{Q_t} = \frac{0,0495}{0,01888} = 2,622 \frac{kg}{m^3}$$

Entonces la velocidad de salida, es:

$$V_s = \frac{\dot{m}_t}{A_t \rho_m}$$

El área transversal de la boquilla es:

$$A_t = \frac{\Pi}{4} (0,00635)^2 = 3,167 \times 10^{-5} m^2$$

Sustituyendo en la ecuación, queda:

$$V_s = \frac{0,0495}{3,167 \times 10^{-5} \times 2,622} = 596 \frac{m}{s}$$

Esta velocidad garantiza que el trabajo de granallado sea constante, por lo que continuamos con determinar las otras medidas y material de las partes de la boquilla y el cuerpo e inyector de aire.

Empezamos asumiendo una Presión Máxima de Operación de 175 PSI y considerando que existen diferentes aceros aleados para estas aplicaciones, asumimos que el acero más adecuado es el SAE 1045 con alta resistencia y alta tenacidad cumple con las expectativas basado en las características y existencia en el mercado local, una vista de la boquilla propuesta la apreciamos en la Fig 15.

Primero calculamos el esfuerzo tangencial  $\sigma_t$  considerando que el cuerpo e inyector se comportan como un Cilindro de pared delgada.

$$\sigma_t = \frac{P r}{h}$$

Donde:

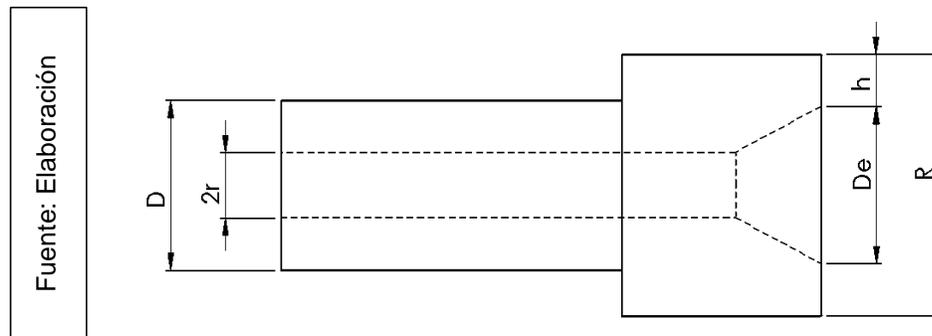
P: Presión Máxima

r: Radio Interno

h: espesor

Las dimensiones de la boquilla son las siguientes:

Figura 15



**Dimensiones de boquilla: r: 3,175 mm, De: 15,24 mm v R: 22 mm**

Así, R representa el diámetro menor de rosca milimétrica M 24x2 ya que los tres elementos se ensamblaran entre sí por medio de roscas.

Entonces el espesor h se puede calcular mediante la ecuación:

$$h = \frac{R - De}{2}$$

Sustituyendo en la ecuación, queda:

$$h = \frac{22 \text{ mm} - 15,24 \text{ mm}}{2} = 3,38 \text{ mm}$$

Posterior a ello, procedemos a calcular las dimensiones mediante la ecuación de esfuerzo tangencial utilizando un factor de seguridad de 3, obteniendo:

$$\sigma_t = \frac{3,275 \times 3,175}{3,38} = 3,076 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t \ll S_y$$

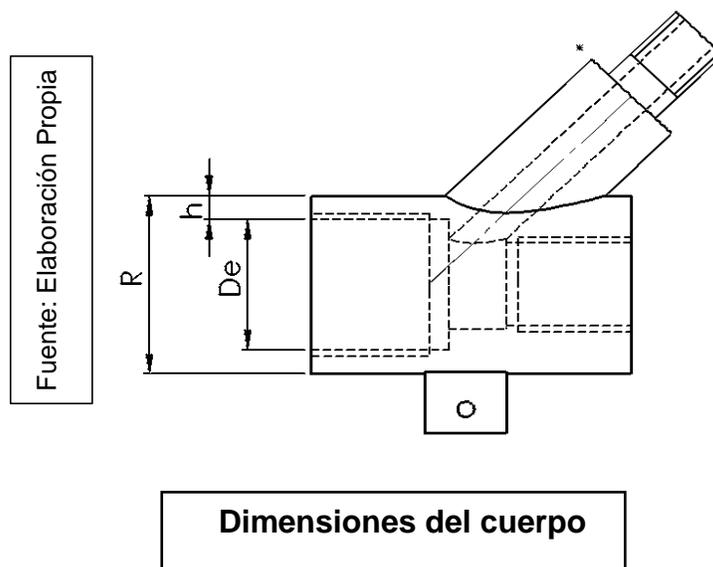
El resultado anterior, evidencia que el esfuerzo resultante es muchísimo menor que la resistencia de fluencia del material, esto significa que la boquilla no fallará. Por lo que el material seleccionado será un acero de bajo carbono, acero AISI 1045, cuyo esfuerzo de fluencia es de:

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

En el mismo sentido, el cuerpo también se tratará como un cilindro de pared delgada por lo que el esfuerzo estará dado por la ecuación.

Así, a partir de las dimensiones del cuerpo de la pistola que se presentan en la Fig. 16.

Figura 16



Analizando el punto más crítico que es donde se tiene el menor espesor posible.

$$R = 30 \text{ mm}$$

$$De = \text{Diámetro exterior de rosca M24x2} = 24 \text{ mm}$$

$$R = De/2$$

$$h = \text{espesor}$$

Entonces:

$$h = R - De/2$$

Sustituyendo se tiene:

$$h = 30 - 24/2 = 3 \text{ mm}$$

Con este espesor evaluamos el esfuerzo tangencial resultante, utilizando también un factor de seguridad de 3.

$$\sigma_t = \frac{3,275 \times 12}{3} = 13,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t \ll S_y$$

Como puede verse el esfuerzo tangencial obtenido es mucho menor que el de la resistencia a la fluencia del material, por lo tanto el cuerpo no fallara con la presión máxima de operación.

### **Cámara de Disparo**

Se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Espacio cerrado,
- Habrá que permitir una distancia máxima de disparo de 300 mm,
- Habrá que permitir una buena visibilidad de las partes y del proceso de granallado,
- Deberá permitir la maniobrabilidad para poder hacer el cambio de probetas de prueba
- La longitud máxima de la pistola será de 120 mm.

Así mismo para dimensionar la profundidad de la cámara se hará uso de la siguiente fórmula:

$$L_{\text{disp}} + L_{\text{pist}} + T_{\text{probeta}} = L_{\text{cámara}}$$

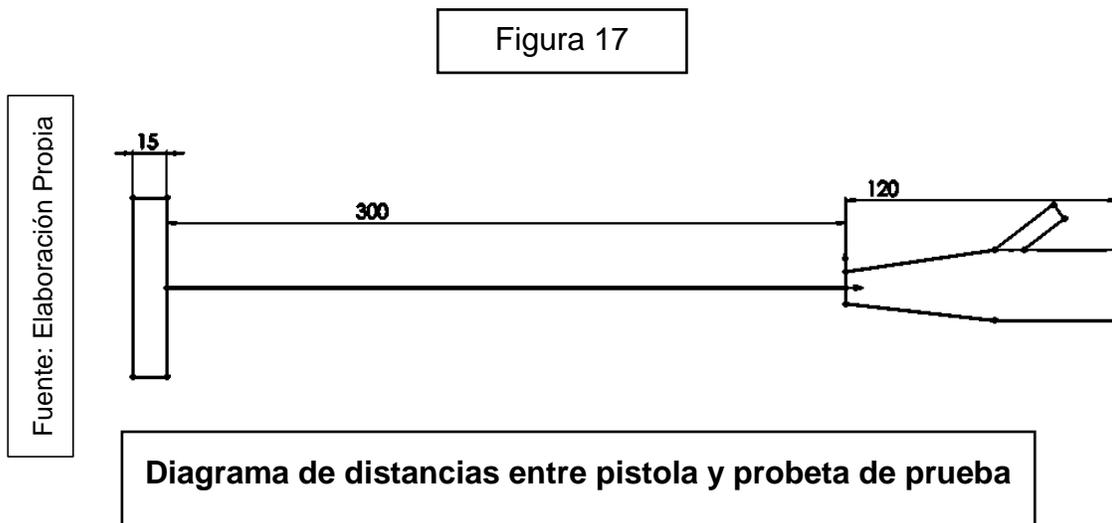
Donde:

$L_{\text{disp}}$ : distancia máxima de disparo.

$L_{\text{pist}}$ : longitud de la pistola.

$T_{\text{probeta}}$ : espesor de la probeta más el espesor de la placa de soporte.

Con lo anterior se tiene en cuenta que la longitud será máxima, si se supone que se instalaran en un ángulo horizontal la pistola por lo que la longitud de la cámara se presenta en la Fig. 17.



Reemplazando en la ecuación, queda:

$$300 \text{ mm} + 120 \text{ mm} + 15 \text{ mm} = 435 \text{ mm}$$

La cámara tendrá una longitud de 500 mm, con lo cual garantizamos un espacio entre el visor y la pistola.

Así para el ancho de la cámara las medidas a tomar en cuenta serán las siguientes.

Figura 18

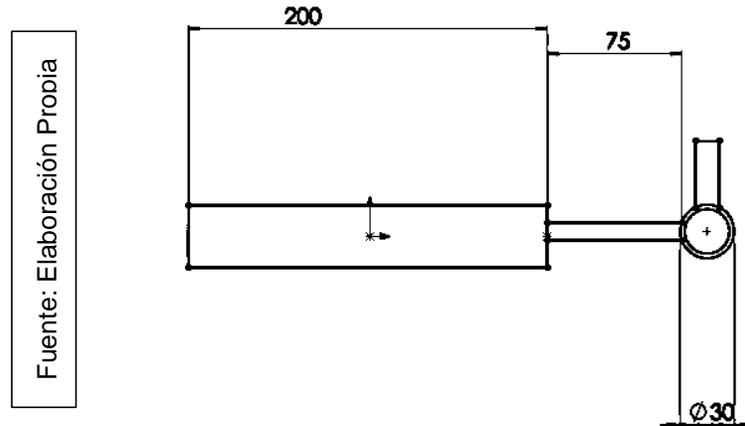


Diagrama de distancias del sistema cilindro pistola

$$L_{cil} + L_{carre} + A_{pist} = A_{cam}$$

Donde:

$L_{cil}$ : es igual a la longitud del cilindro.

$L_{carre}$ : es igual a la carrera del vástago del cilindro

$A_{pist}$ : es igual al ancho de la pistola

Sustituyendo en la ecuación, el ancho de la cámara será de:

$$(200 + 75 + 30) \text{ mm} = 305 \text{ mm}$$

En el mismo sentido, para fines de construcción el ancho será de 500 mm.

Para determinar la altura de la cámara consideraremos el ángulo en el cual se instalará la pistola y la distancia máxima de disparo, por lo cual se tiene:

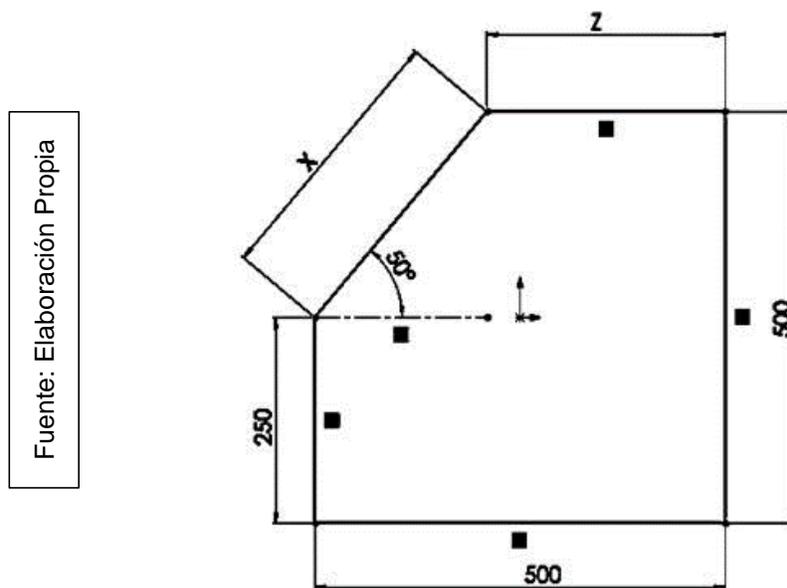
$$\text{Sen } 30^\circ = OP / 420 \text{ mm}$$

$$OP = 420 \text{ mm} (\text{Sen } 30^\circ) = 210 \text{ mm}$$

Considerando el rebote de la granalla después del choque con la pieza, consideramos una altura de 500 mm.

Para el visor de la cámara la ventanilla será de acrílico y estará colocada sobre ranuras para que pueda servir también de compuerta, con el fin de facilitar la vista completa a la mitad de la altura de la cámara de disparo con un ángulo de visión de  $50^\circ$ , esto es debido a que el mejor ángulo para poder observar el proceso es como se presenta en la Fig. 19.

Figura 19



Vista de perfil de la cámara de granallado

Por trigonometría se tiene que:

$$250 / X = \text{sen } 50^\circ$$

$$X = 250 / \text{sen } 50^\circ$$

$$X = 326,35 \text{ mm}$$

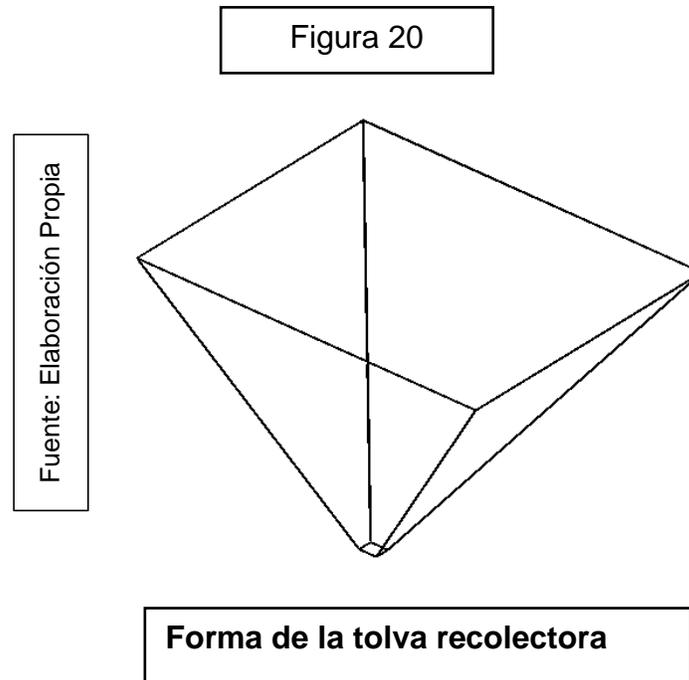
Entonces Z es igual a:

$$Z = 500 - (250 / \tan 50^\circ) = 290,23 \text{ mm}$$

Por lo tanto se utilizará un espesor de visor de acrílico de 6,35 mm, lo cual permitirá un fácil montaje y desmontaje.

### **Tolva Recolectora**

La tolva recolectora es la encargada de dirigir el flujo de granalla utilizada hacia el depósito recolector, su forma se presenta en la Fig. 20.



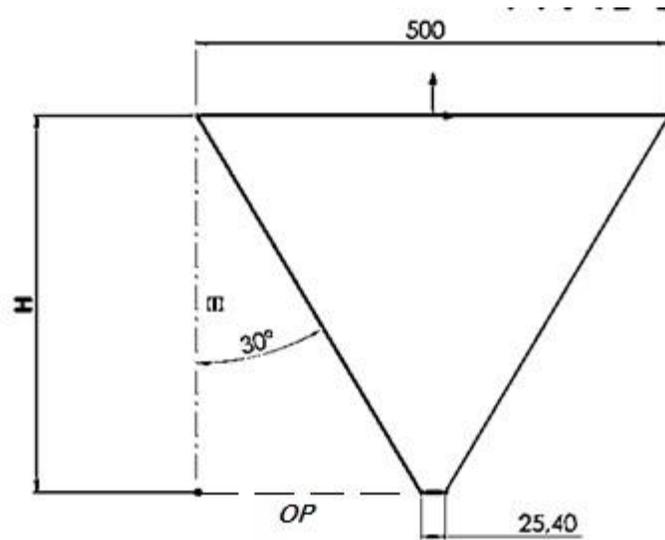
Para el diseño de la tolva recolectora se tomaron los siguientes criterios:

- Formará parte de cámara de disparo,
- Tendrá forma de pirámide truncada,
- Con un ángulo vertical de 30° y
- Con un orificio de salida de 25,4 mm.

Así, esta se dimensiona tal como se presenta en la Fig. 21.

Figura 21

Fuente: Elaboración Propia



Vista de perfil de la tolva

Para la altura se tiene entonces que por trigonometría:

Donde OP es igual a:

$$OP = (500 - 25,4)/2$$

$$OP = 237,30 \text{ mm}$$

Entonces H es igual a:

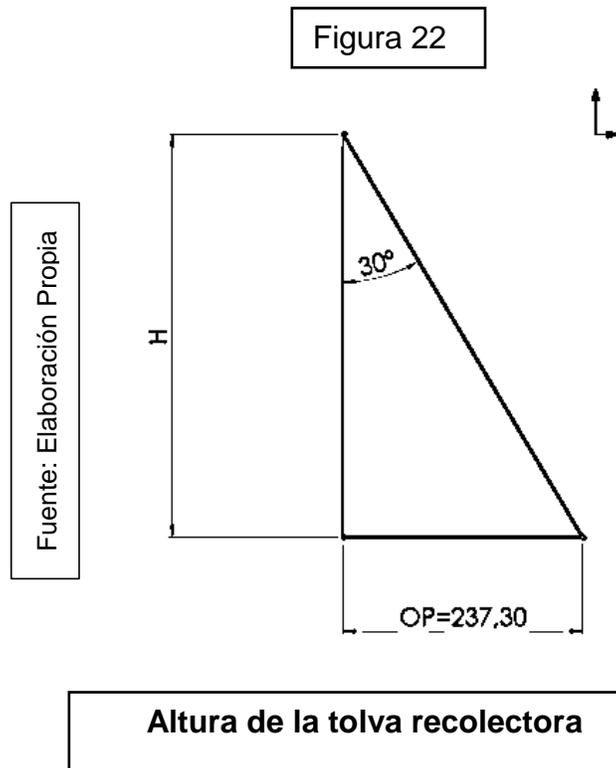
$$\text{Tan}30^\circ = OP / H$$

$$H = OP / \text{tan } 30^\circ$$

$$H = 237,30 / \text{tan } 30^\circ$$

$$H = 411 \text{ mm}$$

En la Fig.22 se muestran las dimensiones del lado opuesto (OP) y la altura (H).



Con la cámara de disparo y la tolva ya dimensionadas, las patas de la máquina deberán de tener una altura adecuada para facilitar la visión de una persona promedio, por lo que se ha tomado como base una persona de 1,65 m, la altura de las patas será a 1 m más la altura de la cámara de 0,5 m; es decir, la altura total de la máquina será de 1,5 m.

El Volumen de Granalla que almacena la tolva recolectora es de 0,14 m<sup>3</sup>.

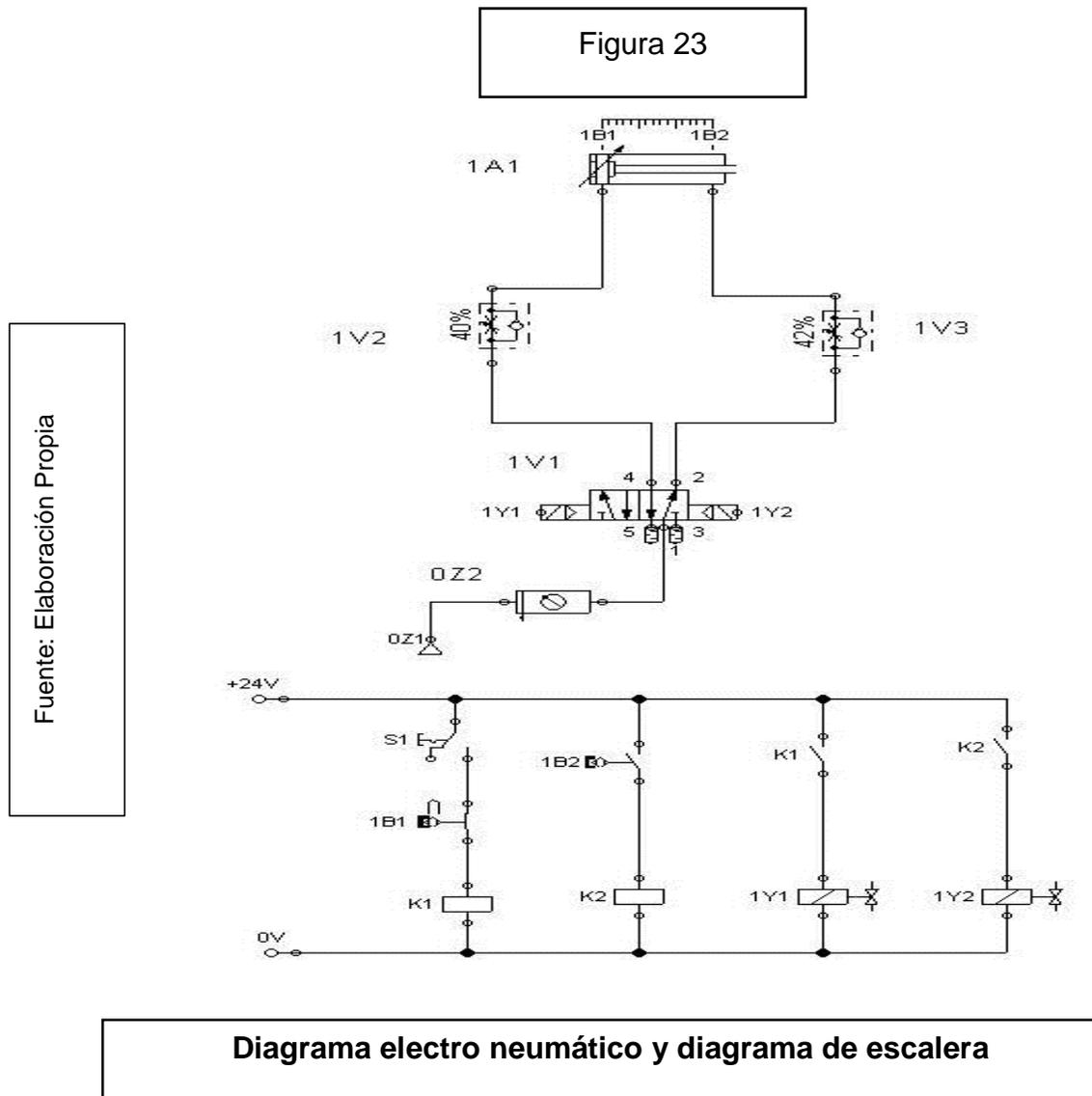
### **Sistema Electro neumático**

Considerando que el movimiento de la pistola es una variable muy importante en el funcionamiento de la máquina granalladora, puesto que será éste el encargado de realizar los procesos de granallado de la manera más uniforme, se toma en cuenta los siguientes criterios:

V = Velocidad de movimiento, la cual debe ser 0,4 cm/s.

D = Distancia de recorrido, la cual será de 8 cm.

W = Carga a soportar, la cual es de 2,5 kg.



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 23 se muestra el diagrama Electroneumático a emplear

Este diagrama de la Fig. 23, posee los accesorios siguientes:

- 1 Unidad de mantenimiento ½ NPT (filtro, regulador, lubricador)
- 1 Electroválvula 5/2 servo pilotada a ambos lados, 24V dc, conexión ¼ NPT.
- 2 Válvulas anti retorno con estrangulamiento de ¼ pulg

- 1 Cilindro de doble efecto, carrera de vástago de 10 cm, ranuras para instalación de sensores red Swicht, conexión ¼ NPT
- 3 metros de manguera de poliuretano de ¼ pulg
- 3 metros de manguera de poliuretano de ½ pulg
- 2 Redes Swicht 24
- 1 Fuente de 24 V dc, Instalación Riel DIM
- 2 Relé de 8 pines
- 2 Bases para relé de 8 pines
- 1 Maneta SPDT
- 4 metros de cable #18 negro
- 4 metros de cable #18 rojo

Con esta selección de elementos para el sistema Electro neumático, se finaliza la etapa de diseño del sistema semiautomático de granallado

### **Suministro del Compresor de Aire**

Considerando que el Sistema de Suministro de Aire debe ser capaz de proveer cuando menos 50% más del volumen de aire (pies<sup>3</sup>/min) requerido por la boquilla específica para realizar el trabajo a una presión dada, ya sean 100 ó 140 lb.

En este caso el  $Q_{aire} = 39,98 \text{ pies}^3/\text{min} = 1,887 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$ , por lo que el compresor de aire debe ser capaz de proveer 20 pies<sup>3</sup>/min.

La fórmula para encontrar la potencia en cualquier etapa es la siguiente:

$$BHP / etapa = 3.03(Z_{avg}) \left( \frac{Q_g T_s}{E} \right) \left( \frac{k}{k-1} \right) \left( \frac{P_L}{T_L} \right) \left( \left( \frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right)$$

Donde:

$Z_{avg}$  representa el factor de compresión promedio de succión y descarga,

$Q_g$  la tasa de flujo del gas,

$T_s$  la temperatura de succión,

$E$  la constante de eficiencia del compresor,

$k$  la relación de calores específicos y

$P_L$  y  $T_L$  presión y temperatura estándar.

$P_d$  y  $P_s$  las presiones de succión y descarga son específicamente las de cada etapa, junto con el factor de compresión y la temperatura de succión.

La temperatura de descarga en cada etapa es clave para poder encontrar los valores de los factores de compresibilidad  $Z$ , sin embargo, como se observa en la tabla para factores de compresibilidad del aire, todos los valores son muy cercanos a la unidad para los datos que se tienen de presión de descarga final (588 psi o bien 41 bar) y temperaturas inicial y mayores a esta (inicial a ambiente, 300°K). Por lo tanto, se considerarán para todas las etapas un factor de compresibilidad promedio  $Z_{avg}=1$ .

La tasa de flujo  $Q_g$ , medida en MMSCFD o millón de pies cúbicos estándar por día, también tendrá un valor igual a 1 solo para esta selección, adecuándose posteriormente la potencia resultante a diferentes valores de flujo de aire requeridos en una aplicación específica. La eficiencia total  $E$  puede tomar dos valores, 0.82 para compresores de alta velocidad y 0.85 para dispositivos de compresión de velocidad baja. Para este caso se tomó el primer valor, 0.82, porque un valor pequeño en el denominador de ese término resulta en un aumento de la potencia por etapa. La relación  $k$  es siempre igual a 1.4, la cual resulta de dividir el calor específico a presión constante entre el calor específico a volumen constante del aire. La temperatura y presión estándar para el aire se manejan como 520°R y 14.65psi respectivamente. Todas las temperaturas deberán estar en grados °R y las presiones en libra/pulg<sup>2</sup> para poder cuadrar las unidades.

La temperatura de succión en la etapa 1 se consideró una temperatura ambiente de 25°C o bien, 536.67 °R.

Reemplazando estos valores se tiene:

BHP/ 1ra etapa = 1,12 HP

BHP/ 2da etapa = 1,82 HP

BHP/ 3ra etapa = 2,06 HP

Por lo tanto:

$BHP = BHP/ 1ra\ etapa + BHP/ 2da\ etapa + BHP/ 3ra\ etapa$

$BHP = 1,12\ HP + 1,82\ HP + 2,06\ HP$

$BHP = 5\ HP$

En ese sentido se necesitará un motocompresor de las siguientes características:

5 HP Schulz bomba compresor de aire 20 CFM 175 lib/pulg.<sup>2</sup>

### **3.4. Evaluación económica del Proyecto, utilizando los indicadores tales como el VAN, TIR.**

Para realizar la evaluación económica primero determinaremos:

Egresos

#### **A.- Presupuesto**

El presupuesto que incluye la construcción de la máquina Granalladora es:

Tabla 10

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO TOTAL S/.
<b>1.0.</b>	<b>SUMINISTRO</b>		4730,0
1.1.	Pistola de Disparo	1	420,0
1.2.	Cámara de Disparo	1	950,0
1.3.	Tolva Recolectora	1	810,0
1.4.	Sistema Electro neumático	1	1550,0
	Motocompesor de Aire	1	1000,0
<b>2.0.</b>	<b>MONTAJE</b>	Glb.	946,0
<b>3.0.</b>	<b>TRANSPORTE</b>	Glb.	709,5
<b>COSTO DIRECTO</b>			<b>6385,5</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Costo de la Granalladora**

**B.- Operación**

Para calcular los gastos de Operación se ha tomado en cuenta que actualmente se fabrican 870 piezas/semana lo cual hace un total de 3480 piezas/mes. Si a esto nosotros lo realizamos con la Granalladora cuyo rendimiento es de 60 piezas/hora obtenemos que la máquina trabajará al mes 58 horas.

**a.- Costo del Operador de la Granalladora**

La Granalladora estará operada por un Operador de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 11

	Tiempo (Horas al mes)	Costo Unitario (S/.)	Costo Total (S./mes)
<b>Operador de la Granalladora</b>	58	12	696

Fuente: Elaboración Propia

**Costo de operador de la Granalladora**

**b.- Costo de Mantenimiento de la Granalladora**

El Costo de Mantenimiento de la Granalladora es de S./mes 110, que consiste básicamente en la limpieza de la máquina, de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 12

Fuente: Elaboración Propia	Descripción	Costo Total (S./mes)
	Trapos	20
	Guantes	5
	Grasa	15
	Aceite	10
	Mano de Obra	50
	<b>Total (S. /mes)</b>	<b>110</b>

**Costo de mantenimiento de la Granalladora**

**c.- Costo de la materia prima: Granalla**

Para obtener la Cantidad de Granalla (kg/mes)=  $m_{granalla} * \text{segundos al mes}$

$m_{granalla} = 0,0378 \text{ kg/s}$

Segundos al mes = 58 horas/mes x 60 s/h = 3480 s/mes

Cantidad de Granalla (kg/mes)= 0,0378 kg/s x 3480 s/mes = 131,54 kg/mes

El gasto en la Granalla será

Tabla 13

Fuente: Elaboración Propia		Cantidad (kg/mes)	Costo Unitario (S./.)	Costo Total (S./.)
	<b>Cantidad de Granalla al mes</b>	131,54	2	263,088

**Costo de materia prima**

**d.- Costo de la energía que consume la granalladora**

El costo Total de la energía que consume la granalladora lo apreciamos en la siguiente tabla:

Tabla 14

Fuente: Elaboración Propia		Potencia (kW)	Horas al mes	Costo del (S./Kw-h)	Energía al mes (kW-h/mes)	Costo Total S./mes
	<b>Energía Eléctrica consumida por la Granalladora</b>	3.7285	58	0,5	216.253	108.1265

**Costo de la energía de consumo**

**Ingresos**

Los ingresos están constituidos por:

**a.- Salarios que se deja de pagar.**

El salario que se le deja pagar a 02 obreros que realiza la limpieza, actualmente son 03 obreros.

Tabla 15

Fuente: Elaboración Propia		Horas al mes	Costo Unitario S/.	Costo Total por Obrero S./mes	Obreros	Costo Total S./mes
	<b>Operador de la Granalladora</b>	192	5	960	2	1920

**Salarios que se deja de pagar**

### b.- Incremento del precio de venta en las máquinas

Debido a que el acabado de las piezas es mejor, las máquinas ensambladas van a poder venderse en un precio más elevado así:

Tabla 16

Fuente: Elaboración Propia	MAQUINA	PRECIO DE VENTA ANTES (S/.)	PRECIO DE VENTA DESPUES (S/.)	INCREMENTO (S/.)
	Despulpadora	350	360	10
	Bomba para agua 4 pulg	450	460	10
	Bomba para agua 6 pulg	650	660	10
	Bomba para agua 8 pulg	1200	1210	10
			<b>PROMEDIO</b>	<b>10</b>

### Incremento de precios de maquinas

Considerando que actualmente se producen 80 máquinas a la semana, es decir 320 máquinas al mes y considerando un incremento de precio de S/. 10, entonces la ganancia será de S/. 3 200 al mes.

### Evaluación Económica

Con los datos anteriores y considerando una tasa de interés anual de 12% y una tasa mensual de 1%, obtenemos.

Tabla 17

Fuente: Elaboración Propia

	MESES			
	0	1	2	3
<b>EGRESOS</b>	-6385.5	-1177.2	-1177.2	-1177.2
Inversión	-6385.5			
Operación (incluye Operador, Materia Prima y Consumo Electricidad)		-1067.2	-1067.2	-1067.2
Mantenimiento		-110.0	-110.0	-110.0
<b>INGRESOS</b>	0.0	5120.0	5120.0	5120.0
Ahorro en Mano de Obra por limpieza de piezas		1920.0	1920.0	1920.0
Incremento en el Precio de las Máquinas		3200.0	3200.0	3200.0
<b>BENEFICIOS</b>	<b>-6385.5</b>	<b>3942.8</b>	<b>3942.8</b>	<b>3942.8</b>

**Evaluación Económica**

Para calcular el Valor Actual Neto, traemos al presenta los Beneficios de los tres meses utilizando para ello una tasa de interés anual de 12%, pero como es mensual utilizaremos el 1% y le sumamos el Beneficio del Año 0, obteniendo un VAN S/. 5210,17

Así mismo para calcular la TIR, utilizamos la siguiente fórmula:  $I_t (1 + TIR)^t$ , obteniendo un TIR= 39 %.

#### **IV. DISCUSIÓN**

Esta investigación tiene como propósito proponer el diseño de una Granalladora para mejorar la limpieza de piezas pequeñas y medianas de hierro gris, obtenidas por fundición en la empresa Fundinorte S.A.C. Chiclayo. Para ello se hizo un diagnóstico de la situación actual en el proceso de limpieza de piezas medianas y pequeñas fundidas de hierro gris.

Además se ha identificado las características de cada uno de los mecanismos electromecánicos de la Granalladora, para luego realizar la evaluación económica de la propuesta, utilizando los indicadores tales como el VAN, TIR.

De esta propuesta de Diseño, se puede rescatar que el principal beneficio que va a tener la empresa Fundinorte S.A.C. Chiclayo, con la implementación de esta máquina es que los productos fabricados, como son las despulpadoras de café y bombas centrífugas, van a tener un mejor acabado.

Análisis de los antecedentes tomados en cuenta:

En el Trabajo de Investigación Graduación titulado “Diseño de una recámara para el proceso de granallado de vigas metálicas” Fernández (2015), tiene como objetivo el diseño de un ambiente destinado a la ejecución del proceso de granallado que permita limpiar las superficies de vigas metálicas con determinadas dimensiones; con ello se busca reducir la contaminación del aire al producirse el impacto y reducir costos operacionales, pues la granalla es reutilizable, con un consiguiente aumento de la producción debido a que se puede llevar a cabo este proceso en cualquier turno y hora del día sin generar inconvenientes al resto de áreas de trabajo de alrededor.

Concluye con el diseño satisfactorio del espacio físico para la ejecución del granallado, estableciendo sus dimensiones; asimismo, aplicando cálculos de ingeniería, se seleccionaron los equipos que forman parte del proceso. Además, debido al reciclaje y reutilización de la granalla, el porcentaje de contaminación es mínimo, comparado

con un proceso en aquellos que utilizan arena como abrasivo, por lo que la implantación del proyecto, adicionalmente trae consigo beneficios de tipo ambiental. En este punto, de los resultados obtenidos podemos verificar que las mejoras que se tiene con el diseño de la máquina Granalladora, son los mismos que Fernández ha logrado demostrar con su trabajo de investigación.

Así mismo, los resultados obtenidos concuerdan con Martínez y Pereiras (1991) en su trabajo denominado “Diseño y construcción de una maquina granalladora para limpieza externa de tuberías de acero” (caracas - Venezuela), en la cual se logra limpiar una superficie, pulirla y que quede dispuesta para posteriormente ser revestida externamente de esta forma se intenta disminuir los tiempos de dicho proceso y por consecuencia reducir los costos.

Finalmente, los resultados obtenidos también concuerdan con el trabajo de investigación de Medina (1992), denominado “Diseño de una máquina arenadora para pequeñas piezas” (Lima – Perú), en el sentido que este tipo de máquinas brindan a la industria la fabricación y acabado de piezas en óptimas condiciones; y por ende satisfacer las necesidades existentes. La mayoría de trabajos de mantenimiento tanto en los astilleros como en otras empresas (piezas de fundición) requieren de este tipo de máquina, por su facilidad y rapidez.

## V. CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo de investigación son:

- La limpieza de las piezas fundidas de hierro gris, impregnadas de arena y con rebabas, se realiza manualmente, por tres obreros, empleando para ello herramientas como: amoladoras, cinceles, escobillas de metal, lo que origina que los acabados de las piezas después de la limpieza no sean óptimas.
- La capacidad de limpieza de la máquina Granalladora diseñada es de 60 piezas/hora.
- La Máquina diseñada está compuesta de 04 sistemas: Pistola de Disparo, Cámara de Disparo, Tolva Recolectora, que cuenta con una Boquilla de  $\frac{1}{4}$  pulgada de diámetro. La cámara de disparo tiene una longitud de 500 mm y un ancho de 500 mm. La Tolva Recolectora tiene una altura de 411 mm y una dimensión del lado opuesto de 237,30 mm. El Sistema Electroneumático esta conformado principalmente por 1 Unidad de mantenimiento  $\frac{1}{2}$  NPT (filtro, regulador, lubricador), 1 Electroválvula 5/2 servo pilotada a ambos lados, 24V dc, conexión  $\frac{1}{4}$  NPT, 2 Válvulas anti retorno con estrangulamiento de  $\frac{1}{4}$  pulg, 1 Cilindro de doble efecto, carrera de vástago de 10 cm, ranuras para instalación de sensores red Swicht, conexión  $\frac{1}{4}$  NPT.
- El presupuesto que involucra el diseño de la Máquina Granalladora es de S/. 6385,50, con un costo Mensual de Operación (incluye Operador, Materia Prima y Consumo Electricidad) de S/.1067, 2, y un Costo de Mantenimiento de S/. 110.00 y obteniendo unos ingresos por Ahorro de Mano de Obra de S/. 1920 y por incremento en el precio de las máquinas de S/.3200, con lo que obtenemos un Valor Actual Neto (VAN) S/. 5210,17 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 39%, en un periodo de 3 meses, por lo que siendo el VAN positivo la TIR mayor al 1%, el proyecto resulta VIABLE.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda:

- Evaluar la posibilidad de automatizar todo el proceso de fabricación de las piezas fundidas de hierro gris.
- Realizar un estudio de mercado para evaluar la posibilidad de incrementar la producción.

## VII. REFERENCIAS

ABRASIVOS y maquinaria S.A. Granallado, proceso y aplicaciones [en línea].  
Barcelona, junio 2011 [Fecha de consulta: 18 de abril del 2017].

Disponible en:

<http://blog-abrasivosymaquinaria.blogspot.pe/2011/06/granallado-proceso-y-aplicaciones.html>

BELLOSO BARRIENTOS William Alexander y FLAMENCO MARTÍNEZ Immer Abimael. Diseño y construcción de un sistema semiautomático de granallado de uso didáctico. Trabajo de Graduación (Ingeniero Mecánico), San Salvador: Universidad de El Salvador, febrero 2014, 113 pp.

Disponible en:

<http://ri.ues.edu.sv/5472/>

CAJAHUAMAN CARDENAS Miguel Diseño de un sistema de extracción de polvo para una cabina de granallado semiautomática en la empresa Prometal Roca Hermanos E.I.R.L. Trabajo de investigación para obtener el título de (Ingeniero Mecánico Electricista) Lima – Perú, Universidad Nacional Tecnológica del Cono Sur de Lima, 2014, 101 pp.

Disponible en:

[http://repositorio.untecs.edu.pe/bitstream/UNTELS/85/1/Cajahuam%C3%A1n\\_Miguel\\_Trabajo\\_de\\_Investigacion\\_2015.pdf](http://repositorio.untecs.edu.pe/bitstream/UNTELS/85/1/Cajahuam%C3%A1n_Miguel_Trabajo_de_Investigacion_2015.pdf)

CYM Materiales S.A. Granallado. Normas de preparación de superficies [en línea].  
Argentina, 2006 [Fecha de consulta: 18 de abril del 2017].

Disponible en:

<https://www.utp.edu.co/cms-utp/data/bin/UTP/web/uploads/media/contratacion/documentos/granallado-normas-preparacion-de-superficie.pdf>

CYM Materiales S.A. Turbinas centrífugas de granallado [en línea]. Argentina, marzo 2017 [Fecha de consulta: 18 de abril del 2017].

Disponible en:

<http://cym.com.ar/intranet/Turbinas-granallado-granalladora-wheel-blasting-surfacepreparation-cymmateriales.pdf>

DONALD R ASKELAND. Ciencia e ingeniería de los materiales. 3ra. Edición. Universidad de Missouri-Rolla. 1998, 468pp.

Disponible en:

<http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanica-general/ENSAYOS%20DE%20MATERIALES/Ciencia.e.Ingenieria.de.los.Material.es.-Donald.Askeland.ES..pdf>

FEDORYSZYN A. y ZYZAK P. Characteristics of the outer surface layer in casts subjected to shot blasting treatment. Krakow: AGH University of Science and Technology, 2010, 6 pp. [Fecha de consulta: 20 de abril del 2017].

Disponible en:

[http://imim.pl/files/archiwum/Vol3\\_2010/23.pdf](http://imim.pl/files/archiwum/Vol3_2010/23.pdf)

FERNÁNDEZ CUENCA, Alex Iván. Diseño de una recámara para el proceso de granallado de vigas metálicas. Trabajo Final de Graduación (Ingeniero Mecánico), Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2015, 84 pp.

Disponible en:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/32323>

JAMES, N.M.; NEWBY M.; HATTINGH D.G.; y, STEUWER A. Shot-peening of steam turbine blades: residual stresses and their modification by fatigue cycling [en línea]. Plymouth: Plymouth University, March 2010, 11 p. [Fecha de consulta: 18 de abril del 2017].

Disponible en:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705810000494>

MARTINEZ DE LA CALLE Julián en su libro Apuntes de Mecánica de Fluidos: 2ª parte,

LAPOINT M., Ronie. Evaluación cualitativa y cuantitativa de los defectos más comunes en las fundiciones grises y nodulares. Proyecto de grado (Ingeniero de Materiales), Sartenejas: Universidad Simón Bolívar, octubre 2010, 149 pp.

Disponible en:

<http://159.90.80.55/tesis/000150794.pdf>

MARTINEZ MACHADO Celestino y PEREIRAS .R Miguel .R Diseño y construcción de una maquina granalladora para limpieza externa de tuberías de acero. Trabajo especial de grado (Ingeniero Mecánico) caracas – Venezuela Universidad Metropolitana, septiembre 1991, 215pp.

Disponible en:

<http://docplayer.es/37685924-Universidad-metropolitana-facultad-de-ingenieria-escuela-de-ingenieria-mecanica.html>

MALLORY A.W. Guidelines for centrifugal blast cleaning. SSPC Steel Structures Painting Council. USA, noviembre 2004. [Fecha de consulta: 18 de abril del 2017].

Disponible en:

<https://cwst.com/extend/premium/PDF/Shot%20Peening%20in%20Steam%20Turbines.pdf>

MARTINEZ DE LA CALLE Julián en su libro Apuntes de Mecánica de Fluidos: 2ª parte,

<https://es.scribd.com/document/102091575/Apuntes-de-Mecanica-de-Los-Fluidos>

MEDINA PERALTA Carloman. Diseño de una máquina arenadora para piezas pequeñas. Tesis (Ingeniero Mecánico), Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 1992, 189 pp.

Disponible en:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2470>

METAL IMPROVEMENT COMPANY, Inc - MIC. Shot peening Aplicaciones. 8va. ed. USA, 2016. 58 pp.

Disponible en:

<http://464zwc173g4e34of4m82crnq.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2015/08/MIC-Shot-Peening-Applications-Green-Book-Spanish.pdf>

PALACIO TELLO, Almendra. Estudio de factibilidad para la implementación de una cabina de granallado en una empresa perteneciente al sector minero para eliminar costos de tercerización. Tesis (Ingeniera Industrial), Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2016, 127 pp.

Disponible en:

<https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/5910>

POVEDA MARTÍNEZ Julio. Lecturas complementarias Acabados superficiales. 1ra. impresión. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, junio 2011, 69 pp.

Disponible en:

[http://ocw.upm.es/expresion-grafica-en-la-ingenieria/ingenieria-grafica-metodologias-de-diseno-para-proyectos/Teoria/LECTURA\\_COMPLEMENTARIA/MATERIALES/acabados.pdf](http://ocw.upm.es/expresion-grafica-en-la-ingenieria/ingenieria-grafica-metodologias-de-diseno-para-proyectos/Teoria/LECTURA_COMPLEMENTARIA/MATERIALES/acabados.pdf)

REVISTA Fundidores. ¿Qué es el shot peening? [en línea]. Madrid, junio 2006, 2 p. [Fecha de consulta: 18 de abril del 2017].

Disponible en:

<http://www.metalspain.com/ShotPeening.pdf>

ROMERO CHUQUITAYPE César Armando. Sistema de gestión de riesgos de empresas metalmeccánicas en la minería peruana. Tesis (Maestro en Ciencias), Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2010, 276 pp.

Disponible en:

[https://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/631/1/romero\\_cc.pdf](https://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/631/1/romero_cc.pdf)

SHOT PEENING NOZZLE PERFORMANCE VacuBlast Corporation 1967

<https://www.shotpeener.com/library/pdf/1967038.pdf>

SHOOTPENER.com. Shot peening overview [en línea]. Mishawaka: Jack Champaign Electronics Inc., January 2001, 37 p. [Fecha de consulta: 18 de abril del 2017].

Disponible en:

<https://www.shotpeener.com/library/pdf/2001012.pdf>

TORRES JARAMILLO, S. R. 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 mantenimiento y transporte. Tesis (Ingeniero Mecánico), Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas, noviembre 2013.

Disponible en:

<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7440>

TUPY Indústria de Fundição, Ltda. El proceso de granallado. Brasil, febrero 2000 [Fecha de consulta: 18 de abril del 2017].

Disponible en:

[http://www.tupy.com.br/downloads/pdfs/granalhas/grana\\_esp.pdf](http://www.tupy.com.br/downloads/pdfs/granalhas/grana_esp.pdf)

TURBINAS de granallado [en línea]. Argentina: web scribd. [Fecha de consulta: 20 de abril del 2017].

Disponible en:

<https://es.scribd.com/document/338118263/Equipos-Turbinas-Centrifugas-de-Granallado>

VERPOORT, C. M. y GERDES C. Influence of Shot Peening on Material Properties and the Controlle Shot Peening of Turbine Blades. Baden: Asea Brown Boveri Corporate Research, 1989, 60 p. [Fecha de consulta: 18 de abril del 2017].

Disponible en:

<https://www.shotpeener.com/library/pdf/1991037.pdf>

## **ANEXOS**

## Anexo 1: manual de operación.

### MANUAL DE OPERACIÓN DE MAQUINA GRANALLADORA

#### INTRODUCCIÓN

El granallado (en Ingles *Shot peening*) es un tratamiento superficial que consiste en trabajar en frío un metal, impactando directamente contra este una corriente de granallas de forma esférica. Esta acción es equivalente a ejercer pequeños martillos sobre la superficie del metal, lo que ocasiona un incremento en la resistencia mecánica por deformación plástica.

Después de aplicado el tratamiento superficial, la superficie del metal queda inducido con un campo de esfuerzos residuales de compresión lo cual es sumamente benéfico para evitar la nucleación y grietas por fatiga.

#### PARÁMETROS CONSTANTES

Estos parámetros son:

- Velocidad de pistola:  $V_p = 0.4 \text{ cm/s}$
- Carga de granalla:  $W_g = 1.24 \text{ kg}$
- Velocidad de granalla:  $V_g = 70 \text{ m/s}$

#### VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables que se presentan a continuación son de diseño y son las que hacen cumplir que el sistema de granallado funcione para las 3 variables, las cuales son:

- Distancia proyección de la granalla (D): 200,0 161.9 ó 123.8 mm
- Ángulo de incidencia ( $\Theta$ ): 17, 20 ó 23°
- Presión de inyección (P): 80, 90 ó 100 PSI.

#### PROCEDIMIENTO DE GRANALLADO

Para una mejor comprensión de las indicaciones del procedimiento de granallado, se hace referencia a cada uno de los elementos:

1. Encender el compresor,
2. Revisar que las mangueras de aire estén bien conectadas
3. Montar la pieza a granallar al sistema de sujeción

4. Depositar las granallas en la tolva de alimentación
5. Conectar el sistema eléctrico a un tomacorriente de 220 V AC
6. Abrir la válvula de alimentación de la máquina
7. Verificar que la guía de movimiento de la pistola este lubricada
8. Regular el ángulo de disparo al requerido
9. Posicionar la pistola a la distancia requerida
10. Abrir el regulador de presión y controlar la presión de trabajo utilizando el manómetro
11. Energizar el sistema eléctrico haciendo girar la maneta que se ubica en el gabinete de control
12. Abrir la válvula de salida de la tolva de alimentación,
13. Cuando la carga de granalla se haya terminado, desenergizar el sistema, moviendo la maneta ubicada en el panel de control,
14. Retirar la pieza granallada del sistema de sujeción.
15. Repetir los pasos del 9 al 13 según el número de piezas que se vaya a granallar.

## **GUÍA DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA DE GRANALLADO**

El mantenimiento de este sistema de granallado es de fundamental importancia para garantizar el cumplimiento de la vida útil de cada componente, así como para lograr la mayor eficiencia del proceso de granallado.

El programa de mantenimiento de este sistema semiautomático de granallado está basado bajo la filosofía de “mantenimiento por horas de utilización del recurso”.

El programa de mantenimiento consta de 2 procedimientos, el primero será un check list antes de iniciar un procedimiento de granallado.

### **CHECK LIST**

Más que ser un mantenimiento es una revisión que debe realizarse antes de iniciar un procedimiento de granallado, los insumos necesarios y las tareas a efectuar se detallan a continuación:

- 1/8 galón de aceite SAE 10,
- 1 bote de limpiador de contactos,
- 1 metro de manguera de poliuretano de 1/8 de pulgada de diámetro,

- 4 libras de paño para limpieza
- 
- a) Revisión general de mangueras de aire comprimido, al detectar fugas o mal estado de las mismas realizar su cambio,
  - b) Revisar el nivel del aceite del lubricador, este nivel no debe ser menor a 1/3 del volumen del depósito,
  - c) Realizar limpieza a sistema eléctrico, utilizar limpiador de contactos,
  - d) Lubricación de eje guía de pistola,
  - e) Realizar limpieza externa e interna a la máquina y
  - f) Poner el equipo a trabajar.

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO CADA 90 HORAS DE TRABAJO**

El mantenimiento luego de 90 horas de trabajo, ya que a estas horas de trabajo se pronostica un leve desgaste en partes de suma importancia del equipo; los insumos, repuestos y tareas a realizar se detallan a continuación.

### **INSUMOS Y REPUESTOS**

Estos son los insumos y repuestos calculados a utilizar en un mantenimiento después de 90 horas de trabajo:

- 1/8 galón de aceite SAE 10w para unidades lubricadoras de aire comprimido,
- 1 bote de limpiador de contactos,
- 1 metro de manguera de poliuretano de 1/8 de pulgada de diámetro,
- 4 libras de paño para limpieza,
- 1 manómetro de 0 - 175 psi y
- 2 sensores magnéticos,
- 1 boquilla de granallado y
- 1 ventana visor.

## **TAREAS DE MANTENIMIENTO**

Para una mejor comprensión de las indicaciones de las tareas de mantenimiento, se hace referencia a cada uno de los elementos:

- a) Revisión general de mangueras de aire comprimido, al detectar fugas o mal estado de las mismas realizar su cambio,
- b) Realizar el cambio del aceite de la unidad lubricadora,
- c) Revisión del funcionamiento del manómetro, si no funciona realizar su cambio,
- d) Realizar limpieza a sistema eléctrico, utilizar limpiador de contactos,
- e) Revisión de ventana visor, si afecta a la visibilidad del proceso realizar su limpieza o cambio si es necesario,
- f) Lubricación de eje guía de pistola,
- g) Revisión de funcionamiento de sensores magnéticos de posición, de no funcionar realizar su cambio,
- h) Desmontar y revisar desgaste en boquilla de pistola, el desgaste máximo permisible es  $\frac{1}{2}$  diámetro inicial de la boquilla,
- i) Realizar limpieza externa e interna a la máquina,
- j) Realizar prueba en vacío a la máquina (alimentarla de aire comprimido, activar sistema eléctrico, verificar su funcionamiento) y
- k) Dejar el área de trabajo limpia y ordenada.

## Anexo 2: Instrumentos

### **ENCUESTA PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN** **“DISEÑO DE GRANALLADORA PARA MEJORAR LIMPIEZA DE PIEZAS PEQUEÑAS MEDIANAS DE HIERRO GRIS EN EMPRESA FUNDINORTE S.A.C. CHICLAYO”**

Tomando como referencia su propia experiencia, le agradeceré responder cada ítem presentado a continuación:

1. ¿Qué procesos realizan en su empresa para la limpieza superficial de piezas fundidas?

---

---

2. ¿Con el proceso de limpieza actual qué tiempo demora un operario en limpiar una pieza mediana?

---

---

3. De las siguientes, ¿cuál cree que son la(s) razón (razones) que justifican elegir un sistema mecánico versus un sistema manual de limpieza superficial de piezas fundidas?

Calidad del acabado ( )    Ahorro de tiempo ( )    Menos mano de obra ( )  
Facilidad de manipuleo ( )    Proceso más seguro ( )    Ahorro en insumos ( )  
Mayor durabilidad de la pieza tratada ( )    Inversión razonable en equipamiento ( )  
Reciclaje del material abrasivo ( )    Reducir la afectación al medio ambiente ( )

4. ¿Preferiría un sistema de limpieza que usa como abrasivo granalla es preferible a uno que usa como abrasivo arena? SI ( ) NO ( )

Si su respuesta es afirmativa, indique las razones:

---

---

5. Entre las prestaciones que le permitirían elegir un determinado tipo de máquina para realizar limpieza superficial, Usted diría que ella debe ser/poseer:

Facilidad de operación ( )    Mantenimiento simple ( )    Bajo consumo ( )  
Portabilidad ( )    Alto rendimiento ( )    Diseño simple ( )

Seguridad en su operación ( ) Mínima necesidad de mano de obra para operarla ( )

Durabilidad ( ) Soporte pre y post adquisición ( )

Regulable, según las exigencias aplicativas ( ) Robustez ( )

Alta velocidad ( )

6. Según el listado siguiente, indique las características que debe poseer el abrasivo que Usted usaría para realizar limpieza superficial con un sistema mecánico:

Reciclabilidad ( ) Dureza ( ) Durabilidad ( ) Tamaño ( )

Elasticidad ( )

Disponibilidad ( ) Precio ( ) Forma de partícula ( ) Resistencia mecánica ( )

7. ¿Cree Usted que el usar un sistema mecánico para realizar limpieza superficial, representaría un beneficio para la producción de la empresa? Si ( ) No ( )

8. ¿Conoce Usted normas referidas a acabados y/o limpieza superficial? Si ( ) No ( )

En caso de respuesta afirmativa, indique a continuación cuáles conoce:

---

---

Muchas gracias por su colaboración

## Ficha de observación

Hora de inicio \_\_\_\_\_ Hora de fin \_\_\_\_\_

**Objetivo.** Recolectar información relacionada al diseño de una máquina granalladora para limpieza de piezas fundidas de hierro gris en la empresa fundinorte s.a.c. Chiclayo.

Personal encargado de la recolección de datos durante la observación

Encargado de la toma de datos \_\_\_\_\_

Especialidad \_\_\_\_\_

Número de días de trabajo \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

Ubicación geográfica de la empresa para la cual se va a realizar el diseño

Departamento \_\_\_\_\_

Provincia \_\_\_\_\_

Distrito \_\_\_\_\_

1. Cómo realizan la limpieza de las piezas fundidas de hierro gris en dicha empresa.
  - a) Utilizan maquina granalladora
  - b) Utilizan maquina arenadora
  - c) De forma manual
  - d) Mandan a limpiar a otro lado

2. Que herramientas utilizan para efectuar el proceso de limpieza

.....  
.....  
.....  
.....

3. Es eficiente la limpieza de todas las piezas

- a) Si
- b) NO

Porque?.....  
.....

4. Que tiempo demora en limpiar una pieza mediana
  - a) 1 a 10 minutos
  - b) De 11 a 20 minutos
  - c) De 21 a 30 minutos
  - d) De 31 a más minutos
  
5. Con este método de limpieza , se logra cumplir con las metas trazadas
  - a) Si
  - b) No

¿Por qué? .....  
.....  
.....

6. Los trabajadores de dicha empresa conocen la norma técnica nacional para realizar la limpieza de dichas piezas?
  - a) Si
  - b) No
  
7. Que cantidad de piezas limpia un trabajador en una jornada de 8 horas
  - a) 15 a 20 unidades
  - b) 21 a 25 unidades
  - c) 26 a 30 unidades
  - d) 31 a 35 unidades
  - e) De 36 a más
  
8. Con el método actual de limpieza aproximadamente cuánto es el costo por unidad de piezas limpias
  - a) 0.50a 1.50 soles
  - b) 1.50 a 2.50 soles
  - c) 2.50 a 3.50 soles
  - d) 3.50 a 5 soles

FICHA DE EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTO

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

"PROPUESTA DE DISEÑO DE GRANALLADORA PARA MEJORAR LIMPIEZA DE PIEZAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS DE HIERRO GRIS EN EMPRESA FUNDINORTE S.A.C. CHICLAYO"

AUTORES:

CALDERON BURGOS LENIN OMAR

DATOS INFORMATIVOS DEL EXPERTO:

NOMBRE:

PECOYA RONCAL JORGE LUIS

TÍTULO UNIVERSITARIO:

INGENIERO MECANICO

POSTGRADO:

ADMINISTRACIÓN DE LA EDUCACIÓN

OTRA FORMACIÓN:

OCUPACIÓN ACTUAL:

ESPECIALISTA TECNICO EN SENAT.F.

FECHA DE LA ENTREVISTA:

27-06-2017

Mensaje al especialista:

En la Universidad César Vallejo – Filial Chiclayo, se está realizando una investigación dirigida a proponer el diseño de una granalladora para mejorar limpieza de piezas pequeñas y medianas de hierro gris obtenidas por fundición en la empresa fundinorte s.a.c. Chiclayo. Por tal motivo, se requiere de su reconocida experiencia, para corroborar que la propuesta de esta investigación genera los resultados establecidos

en la hipótesis. Su información será estrictamente confidencial. Se agradece por el tiempo invertido.

1. En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1	2	3	4	5
Ninguno	Poco	Regular	Alto	Muy alto

2. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	X		
b) Experiencia como profesional. (EP)	X		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	X		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	X		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	X		

  
 JORGE L. PISCOYA RICAL  
 ING MECÁNICO  
 N.º 01234

Firma del entrevistado

Estimado(a) experto(a):

Con el objetivo de corroborar que la hipótesis de esta investigación es correcta, se le solicita realizar la evaluación siguiente:

1. ¿Considera adecuada y coherente la estructura de la propuesta?  
Adecuada  Poco adecuada \_\_\_ Inadecuada \_\_\_
2. ¿Considera que cada parte de la propuesta se orienta hacia el logro del objetivo planteado en la investigación?  
Totalmente  Un poco \_\_\_ Nada \_\_\_
3. ¿En la investigación se han considerado todos los aspectos necesarios para resolver el problema planteado?  
Todos  Algunos \_\_\_ Pocos \_\_\_ Ninguno \_\_\_
4. ¿Considera que la propuesta generará los resultados establecidos en la hipótesis?  
Totalmente  Un poco \_\_\_ Ninguno \_\_\_
5. ¿Cómo calificaría cada parte de la propuesta?

N	Aspecto/Dimensión/ Estrategia	Excelente	Buena	Regular	Inadecuada
1	1	<input checked="" type="checkbox"/>			
2	2	<input checked="" type="checkbox"/>			
3	3	<input checked="" type="checkbox"/>			
4	4	<input checked="" type="checkbox"/>			
5	5	<input checked="" type="checkbox"/>			

6. ¿Cómo calificaría a toda la propuesta?  
Excelente  Buena \_\_\_ Regular \_\_\_ Inadecuada \_\_\_
7. ¿Qué sugerencias le haría a los autores de la investigación para lograr los objetivos trazados en la investigación?

Ninguna

  
JORGE L. PISCOYA ROMAL  
ING MECÁNICO  
R. D. 1958

Firma del entrevistado

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres: PESCOYA RONCAL JORGE LUIS
- Profesión: INGENIERO MECANICO
- Grado académico: BACHILLER EN INGENIERIA MECANICA
- Actividad laboral actual: ESPECIALISTA TECNICO EN  
SENATI

### INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	5 Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	---------------

1. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	X		
b) Experiencia como profesional. (EP)	X		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	X		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	X		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	X		

  
JORGE L. PSICOTERAPEUTA  
MAG. EN PSICOLOGÍA  
R. CAP. PSICÓLOGO  
Firma del entrevistado

**Estimado(a) experto(a):**

El instrumento de recolección de datos a validar es un Cuestionario, cuyo objetivo "Proponer el diseño de una granalladora para mejorar limpieza de piezas pequeñas y medianas de hierro gris, obtenidas por fundición en la empresa Fundinorte S.A.C. Chiclayo."

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de este cuestionario para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente:  Poco pertinente:  No es pertinente:

Por favor, indique las razones:

Específica al tema

2. ¿Considera que el cuestionario formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes:  Insuficientes:

Por favor, indique las razones:

Relacionado al tema hace referencia

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas:  Poco adecuadas:  Inadecuadas:

Por favor, indique las razones:

Ecnitamente al tema.

4. Califique los ítems según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Ítem	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco relevante	Irrelevante	
1	X			X			
2	X			X			
3	X			X			
4	X			X			

5. ¿Qué sugerencias haría ud para mejorar el instrumento de recolección de datos?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Ninguna*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación:



JORGE L. PISCOYA RONCAL  
ING. SEGURIDAD  
R. CIP 19530

Firma del Experto

FICHA DE EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTO

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

"PROPUESTA DE DISEÑO DE GRANALLADORA PARA MEJORAR LIMPIEZA DE PIEZAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS DE HIERRO GRIS EN EMPRESA FUNDINORTE S.A.C. CHICLAYO"

AUTORES:

CALDERON BURGOS LENIN OMAR

DATOS INFORMATIVOS DEL EXPERTO:

NOMBRE:

Mayo Miguel Raul Fernando

TÍTULO UNIVERSITARIO:

Ingeniero Mecánico Electricista

POSTGRADO:

OTRA FORMACIÓN:

Técnico en Mecánica de Producción

OCUPACIÓN ACTUAL:

Docente en Senati en CAD/CAM y Producción

FECHA DE LA ENTREVISTA:

27-06-2017

Mensaje al especialista:

En la Universidad César Vallejo - Filial Chiclayo, se está realizando una investigación dirigida a proponer el diseño de una granalladora para mejorar limpieza de piezas pequeñas y medianas de hierro gris obtenidas por fundición en la empresa fundinorte s.a.c. Chiclayo. Por tal motivo, se requiere de su reconocida experiencia, para corroborar que la propuesta de esta investigación genere los resultados establecidos

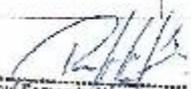
en la hipótesis. Su información será estrictamente confidencial. Se agradece por el tiempo invertido.

1. En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	X	5 Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	---	---------------

2. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	X		
b) Experiencia como profesional. (EP)	X		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	X		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	X		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	X		

  
 Raúl Fernando Alayo Miguel  
 ING. MECÁNICO ELECTRICISTA  
 R. CIP. N° 187085

*Firma del entrevistado*

Estimado(a) experto(a):

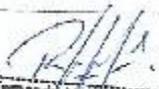
Con el objetivo de corroborar que la hipótesis de esta investigación es correcta, se le solicita realizar la evaluación siguiente:

1. ¿Considera adecuada y coherente la estructura de la propuesta?  
Adecuada  Poco adecuada \_\_\_ Inadecuada \_\_\_
2. ¿Considera que cada parte de la propuesta se orienta hacia el logro del objetivo planteado en la investigación?  
Totalmente  Un poco \_\_\_ Nada \_\_\_
3. ¿En la investigación se han considerado todos los aspectos necesarios para resolver el problema planteado?  
Todos  Algunos \_\_\_ Pocos \_\_\_ Ninguno \_\_\_
4. ¿Considera que la propuesta generará los resultados establecidos en la hipótesis?  
Totalmente  Un poco \_\_\_ Ninguno \_\_\_
5. ¿Cómo calificaría cada parte de la propuesta?

N	Aspecto/Dimensión/ Estrategia	Excelente	Buena	Regular	Inadecuada
1		<input checked="" type="checkbox"/>			
2		<input checked="" type="checkbox"/>			
3		<input checked="" type="checkbox"/>			
4		<input checked="" type="checkbox"/>			
5		<input checked="" type="checkbox"/>			

6. ¿Cómo calificaría a toda la propuesta?  
Excelente  Buena \_\_\_ Regular \_\_\_ Inadecuada \_\_\_
7. ¿Qué sugerencias le haría a los autores de la investigación para lograr los objetivos trazados en la investigación?

Ninguna

  
Raúl Fernando Alayo Miguel  
ING. MECANICO ELECTRICISTA  
N. CIP. N° 197083

Firma del entrevistado

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres: Aloyo Miguel Paul Fernando
  - Profesión: Ingeniero Mecánico Electricista
  - Grado académico: Bachiller en Ingeniería Mecánica Eléctrica
  - Actividad laboral actual: Docente en Senati en CAD/CAM y Producción
-

### INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	5 Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	---------------

1. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	X		
b) Experiencia como profesional. (EP)	X		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	X		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	X		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	X		

  
Raúl Fernando Almeyda  
ING. MECÁNICO ELECTRICISTA  
R. C. N. N° 197083

Firma del entrevistado

Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar es un Cuestionario, cuyo objetivo "Proponer el diseño de una granalladora para mejorar limpieza de piezas pequeñas y medianas de hierro gris, obtenidas por fundición en la empresa Funditorre S.A.C. Chiclayo."

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de este cuestionario para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente:  Poco pertinente:  No es pertinente:

Por favor, indique las razones:

Concreta

2. ¿Considera que el cuestionario formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes:  Insuficientes:

Por favor, indique las razones:

hay referencia al tema

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas:  Poco adecuadas:  Inadecuadas:

Por favor, indique las razones:

técnicamente planteada

4. Califique los items según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Item	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
1	X			X			
2	X			X			
3	X			X			
4	X			X			

5. ¿Qué sugerencias haría ud para mejorar el instrumento de recolección de datos?

Ninguna

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación:

  
 Raul Fernando Alayo Aguilar  
 ING. MECANICO ELECTRICISTA  
 R. CIP. N° 197583

Firma del Experto

FICHA DE EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTO

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

"PROPUESTA DE DISEÑO DE GRANALLADORA PARA MEJORAR LIMPIEZA DE PIEZAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS DE HIERRO GRIS EN EMPRESA FUNDINORTE S.A.C. CHICLAYO"

AUTORES:

CALDERON BURGOS LENIN OMAR

DATOS INFORMATIVOS DEL EXPERTO:

NOMBRE:

Sifuentes Ayala Jorge Carlos

TÍTULO UNIVERSITARIO:

Ingeniero Mecánico

POSTGRADO:

OTRA FORMACIÓN:

Ingeniero Mecánico Electricista

OCUPACIÓN ACTUAL:

Labores de Ingeniería Mecánica en forma Independiente

FECHA DE LA ENTREVISTA:

28-06-2017

Mensaje al especialista:

En la Universidad César Vallejo - Filial Chiclayo, se está realizando una investigación dirigida a proponer el diseño de una granalladora para mejorar limpieza de piezas pequeñas y medianas de hierro gris obtenidas por fundición en la empresa fundinorte s.a.c. Chiclayo. Por tal motivo, se requiere de su reconocida experiencia, para corroborar que la propuesta de esta investigación genera los resultados establecidos

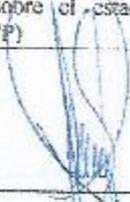
en la hipótesis. Su información será estrictamente confidencial. Se agradece por el tiempo invertido.

1. En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1	2	3	4	5
Ninguno	Poco	Regular	Alto	Muy alto

2. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	X		
b) Experiencia como profesional. (EP)	X		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	X		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	X		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	X		

  
Firma del evaluador  
Jorge C. Soto Soto  
ING. MECÁNICO ELÉCTRICO  
R. CIR 45964

Estimado(a) experto(a):

Con el objetivo de corroborar que la hipótesis de esta investigación es correcta, se le solicita realizar la evaluación siguiente:

1. ¿Considera adecuada y coherente la estructura de la propuesta?  
Adecuada  Poco adecuada \_\_\_ Inadecuada \_\_\_
2. ¿Considera que cada parte de la propuesta se orienta hacia el logro del objetivo planteado en la investigación?  
Totalmente  Un poco \_\_\_ Nada \_\_\_
3. ¿En la investigación se han considerado todos los aspectos necesarios para resolver el problema planteado?  
Todos  Algunos \_\_\_ Pocos \_\_\_ Ninguno \_\_\_
4. ¿Considera que la propuesta generará los resultados establecidos en la hipótesis?  
Totalmente  Un poco \_\_\_ Ninguno \_\_\_
5. ¿Cómo calificaría cada parte de la propuesta?

N	Aspecto/Dimensión/ Estrategia	Excelente	Buena	Regular	Inadecuada
1	1	<input checked="" type="checkbox"/>			
2	2	<input checked="" type="checkbox"/>			
3	3	<input checked="" type="checkbox"/>			
4	4	<input checked="" type="checkbox"/>			
5	5	<input checked="" type="checkbox"/>			

6. ¿Cómo calificaría a toda la propuesta?  
Excelente  Buena \_\_\_ Regular \_\_\_ Inadecuada \_\_\_
7. ¿Qué sugerencias le haría a los autores de la investigación para lograr los objetivos trazados en la investigación?

Ninguna

Estimados Ayala  
ING. MECÁNICO ELÉCTRICO  
R. CIP. 45961

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres: Sifuentes Ayala Jorge Carlos
- Profesión: Ingeniero Mecánico
- Grado académico: Bachiller en Ingeniería Mecánica
- Actividad laboral actual: labores de Ingeniería Mecánica en forma independiente

### INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	5 Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	---------------

1. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	X		
b) Experiencia como profesional. (EP)	X		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	X		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	X		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	X		

  
Ayudo C. S. Fuentes Ayala  
ING. MECÁNICO ELÉCTRICO  
R. CTP 49964

Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar es un Cuestionario, cuyo objetivo "Proponer el diseño de una granalladora para mejorar limpieza de piezas pequeñas y medianas de hierro gris, obtenidas por fundición en la empresa Fundimorte S.A.C. Chiclayo."

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de este cuestionario para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente:  Poco pertinente:  No es pertinente:

Por favor, indique las razones:

Concieto al tema.

2. ¿Considera que el cuestionario formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes:  Insuficientes:

Por favor, indique las razones:

Referente al tema estudiado

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas:  Poco adecuadas:  Inadecuadas:

Por favor, indique las razones:

técnicamente al tema.

4. Califique los items según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Item	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
1	X			X			
2	X			X			
3	X			X			
4	X			X			

5. ¿Qué sugerencias haría ud para mejorar el instrumento de recolección de datos?

*Ninguna*

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación:

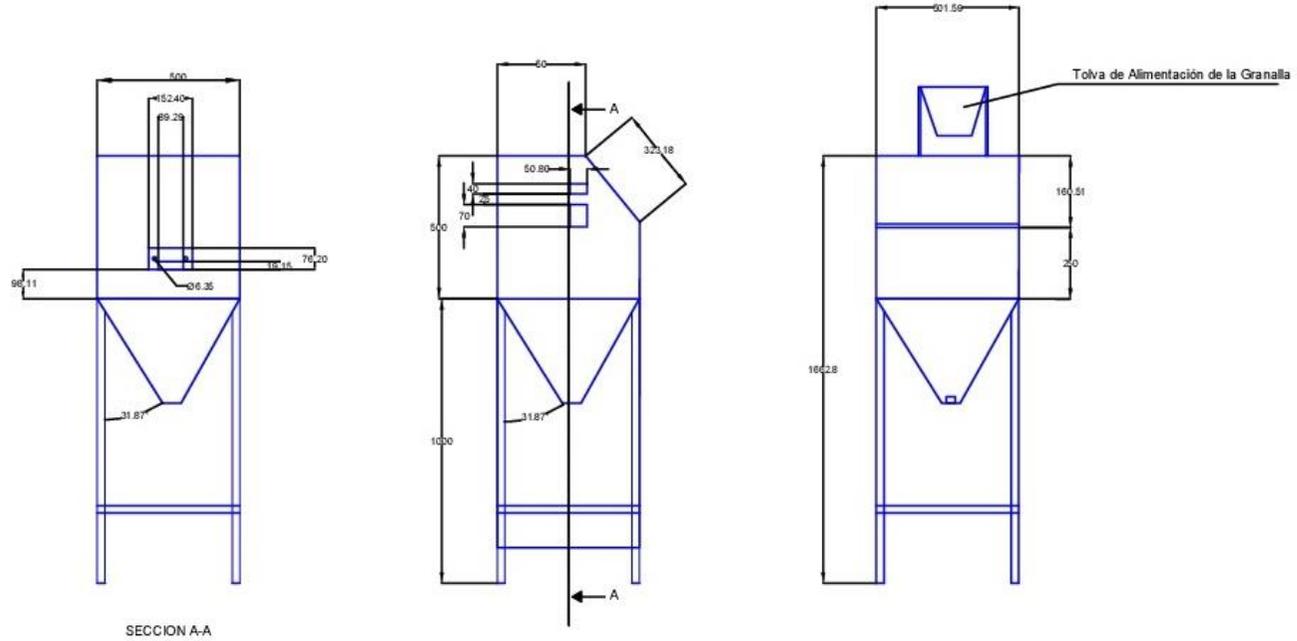


Firma del Experto

Jorge C. Sifuentes Ayala  
ING. MECÁNICO ELÉCTRICO  
R. C. P. 10964

### **Anexo 3: Planos**

### CAMARA DE DISPARO ESTRUCTURA PRINCIPAL

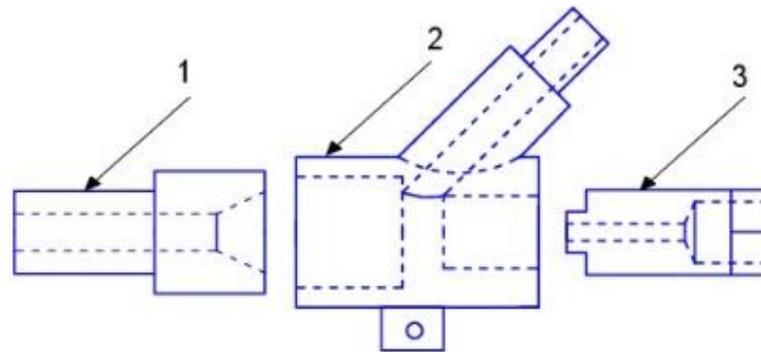


SECCION A-A

1	CAMARA DE DISPARO	1	Límite	Límite
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	de	de
			VALORES	ESPECIFICACIONES

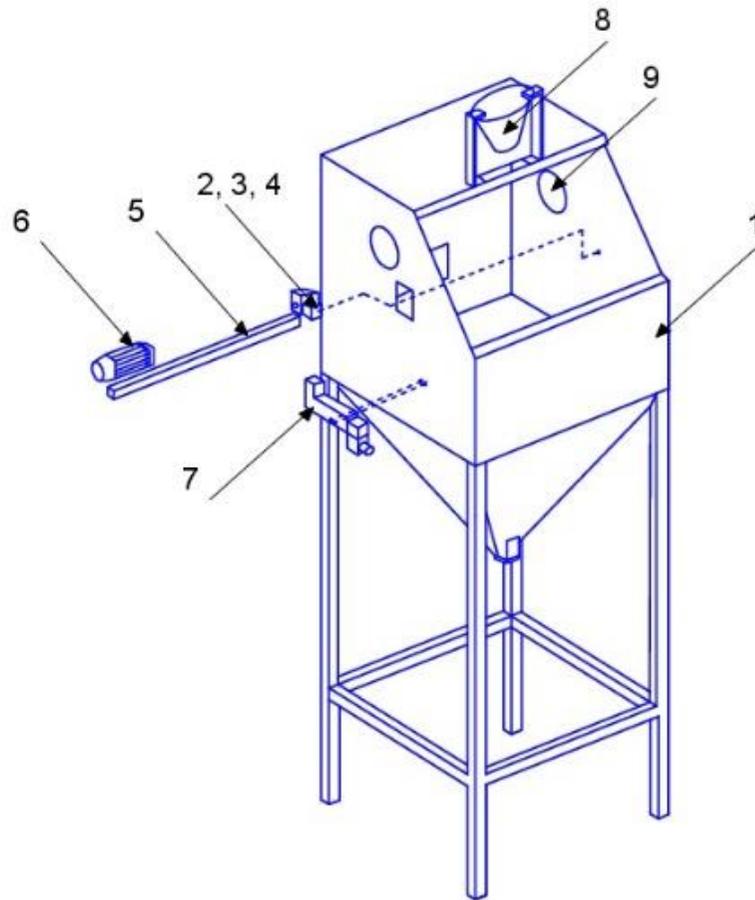
<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>			
FACULTAD DE INGENIERIA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA			
TÍTULO: DISEÑO DE GRANALADORA PARA MEJORAR LIMPIEZA DE PIEZAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS DE HIERRO GRIS EN EMPRESA FUNDINORTE S.A.C - CHICLAYO			ASIGNATURA: 1/20
PLANO: CONJUNTO CAMARA DE DISPARO ESTRUCTURA PRINCIPAL			FECHA: 01/08/2017
AUTOR: LENN OMAR CALDERON BURGOS			PP PLANO: 01
ORGANIZACIÓN:	DISTRICTO: JOSE L. ORTIZ	PROVINCIA: CHICLAYO	DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE

CAMARA DE DISPARO ESTRUCTURA PRINCIPAL



3	INYECTOR	1	BRONCE	BRONCE
2	CUERPO	1	ACERO	ACERO AISI 1020
1	BOCANILLA	1	ACERO	ACERO AISI 4140
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES

<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>			
FACULTAD DE INGENIERIA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA			
TITULO DISEÑO DE GRANALADORA PARA MEJORAR LIMPIEZA DE PIEDAS ELECTRICA Y REDUCCION DE RIESGOS EN LIMPIEZA DE PIEZAS Y ACCESORIOS			UNIVERSIDAD 10
CURSO SUB CONJUNTO ENSAMBLE DE LA PISTOLA			SEMESTRE SEGUNDO (II)
AUTOR LENNY OSAR CALDERON SURCOO			INSTITUCION U. C. V. J. V.
REVISOR	DATE	REVISOR	DATE
JUANITA LOPE L. ORTE		OSCAR SOLIMAYO	
			<b>02</b>



9	EXTRACTOR DE AIRE	1	ALUMINIO	EXTRACTOR
8	TOLVA ALIMENTAC. GRAHALLA	1	ACERO	LAMINA 1/8"
7	VALVULA ELECTRONUMATICA	1	ALUMINIO	VALVULA 1/2" VAD 3/8
4	ACTUADOR NEUMATICO	1	ALUMINIO	ACTUADOR DE 2 TIEMPOS
5	MOT.	1	ACERO	ACERO (SALVANZA 30)
4	INYECTOR	1	BRONCE	BRONCE
3	BOQUILLA	1	ACERO	ACERO A514040
2	CUERPO	1	ACERO	ACERO A511020
1	ESTRUCTURA	1	LAMINA	LAMINA 1/8"
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES

<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>			
FACULTAD DE INGENIERIA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELÉCTRICA			
TÍTULO	DISEÑO DE GRANALLADORA PARA MEJORAR LIMPIEZA DE PIEZAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS DE HIERRO GRIS EN EMPRESA PUNO NORTE S.A.C - CHICLAO		ESCALA
PLANO	CONJUNTO ENSAMBLADO		FECHA
AUTOR	LENN OMAR CALDERON BURIOS		1º PLANO
PROFESOR	SEÑERO	PROFESOR	SEÑERO
	2024.1.0202	CHICLAO	UNIVERSIDAD
			<b>03</b>