



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

Diseño de un sistema de granallado para reducir costos de
preparación de superficies en la Empresa IFM S.A.C.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Eléctrico

AUTOR:

Olivera Sosa, Frank Arnaldo (orcid.org/0000-0003-4108-4776)

ASESOR:

Dr. Davila Hurtado, Fredy (orcid.org/0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**CHICLAYO – PERÚ
2022**

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido alcanzar ésta meta.

A mi madre por su apoyo moral y esfuerzo permanente de mi realización profesional y como persona.

A mi padre por su labor incondicional en mi formación personal y como ingeniero.

A mi hermana por su apoyo moral en mi realización profesional y como persona.

Olivera Sosa Frank Arnaldo

AGRADECIMIENTO

A Dios sobre todas las cosas, a mi asesor por haberme apoyado brindándome sus orientaciones, observaciones, sugerencias y correcciones, en la ejecución del presente trabajo de investigación.

Al personal docente de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica-Eléctrica de la Universidad por los conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes transferidos durante mi formación profesional.

A mis padres, hermana, abuelos, por su apoyo material, sus enseñanzas y amor que siempre me han brindado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	30
3.1. Diseño de Investigación.....	30
3.2. Variables, Operacionalización.	30
3.3. Población y muestra y muestreo.....	31
3.4. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.....	31
3.5. Procedimientos.....	32
3.6. Métodos de Análisis de Datos.	33
3.7. Aspectos Éticos.....	33
IV. RESULTADOS	34
V. DISCUSIÓN.....	57
VI. CONCLUSIONES	61
VII. RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS	65
ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales Características de la Arena Versus Granalla de Acero.....	6
Tabla 2. Perfil de anclaje de diferentes abrasivos.	6
Tabla 3. Aplicaciones generales de granallas esféricas y angulares.	9
Tabla 4. Requerimientos de aire comprimido y consumo de abrasivo.	12
Tabla 5. Detalles técnicos de tolvas de granallado de cámara doble	18
Tabla 6. Aspiradores de Polvos Industriales de Cartuchos - Línea CART	26
Tabla 7. Características de Colectores de Cartucho de Polvos Industriales	27
Tabla 8. Tabla resumen de Arenado por semana.....	36
Tabla 9. Descripción del actual proceso de arenado en IFM SAC.	37
Tabla 10. Características Limpiador Granalla modelo 800 NR	46
Tabla 11. Equipos e Instalaciones existentes IFM S.A.C versus faltantes para Sistema de Granallado	48
Tabla 12. Equipos e Instalaciones existentes y reutilizables em IFM S.A.C	49
Tabla 13. Costos por adquisición de equipos y otros para sistema de granallado completo para 01 operario, con sistema hombre muerto o de control automático para 01 boquilla.....	49
Tabla 14. Costo faltante Equipos e Instalaciones existentes IFM S.A.C	50
Tabla 15. Costo anual de abrasivo.	51
Tabla 16. Beneficio vs costo de inversión	52
Tabla 17. Periodo de retorno de la inversión (PB).....	53
Tabla 18. VAN - Beneficios versus costos (\$) de la inversión.....	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Esquema de un Sistema de Preparación de Superficies mediante Arenado (Sand blasting).....	8
Figura 2. Esquema de un Sistema de Preparación de Superficies mediante Granallado (Shot blasting).....	10
Figura 3. Refrigerador posterior de aire comprimido.	14
Figura 4. Disposición del filtro de aire comprimido en el sistema de aire comprimido.....	15
Figura 5. Tolva de granallado arenado de doble cámara	17
Figura 6. Tolva de granallado con control remoto en la pistola.	17
Figura 7. Boquilla de proyección de abrasivo tipo Venturi	19
Figura 8. Cámara de Granallado Industrial	20
Figura 9. Cuarto de granallado con su carro transportador	20
Figura 10. Transportador helicoidal para manejo de granalla.	21
Figura 11. Elevador de cangilones.....	22
Figura 12. Clasificador-Limpiador de granalla de trabajo pesado	23
Figura 13. Captador-colector de polvos del granallado.....	24
Figura 14. Colector de polvo tipo pulse jet	25
Figura 15. Colector de Polvos.....	28
Figura 16. Extractor de polvos de una planta de granallado	28
Figura 17. Representación de la muestra.....	31
Figura 18. Sistema completo de arenado.....	35

RESUMEN

El presente Proyecto tiene como propósito la reducción de costos en la preparación de superficies de estructuras metálicas fabricadas por IFM S.A.C. mediante la sustitución del actual sistema de arenado por un sistema de granallado, el mismo que utilizará máquinas, equipos de aire comprimido, y parte de las instalaciones que actualmente se vienen empleando en dicha actividad.

El presente trabajo de investigación será de carácter descriptivo y no experimental, transeccional en la que el objetivo es observable medible y no se realizan manipulación de variables teniendo como propósito describir variables y analizar su interrelación de un momento determinado por lo que recoge datos estadísticos tanto del proceso de arenado como de granallado, lo cual nos permitirá conocer la magnitud de la importancia de sustitución de la limpieza de superficies mediante chorro abrasivo de arenado por el granallado.

Una meta importante es superar al sistema de arenado tanto en la calidad del anclaje del recubrimiento protector de la superficie preparada, así como en los costos de preparación de superficie por metro cuadrado de superficie procesada, aparte de lograr una reducción severa de la polución generada en el arenado.

Palabras Clave: Granallado, Reducción de costos, Diseño, Preparación de Superficies.

ABSTRACT

In the present research project, is to reduce costs in the preparation of surfaces of metal structures manufactured by IFM S.A.C. by replacing the current sandblasting system with a shot blasting system, the same that will use machines, compressed air equipment, and part of the facilities that are currently being used in said activity.

This research work will be descriptive and non-experimental, transectional in which the objective is measurable observable and no manipulation of variables is carried out with the purpose of describing variables and analyzing their interrelationship at a given moment, therefore collecting statistical data on both the process of sandblasting and shot blasting, which will allow us to know the magnitude of the importance of replacing surface cleaning by abrasive blasting with sandblasting.

Exceed the sandblasting system both in the quality of the anchorage of the protective coating of the prepared surface, as well as in the costs of surface preparation per square meter of surface processed, apart from achieving a severe reduction in the pollution generated in the sandblasting.

Keywords: Shot blasting, Cost reduction, Design, Surface Preparation.

I. INTRODUCCIÓN

En el proceso de fabricación de estructuras metálicas, la protección contra la corrosión siempre ha sido una labor que ha implicado llevar a cabo una buena preparación de superficies, a fin de garantizar que el recubrimiento protector que se aplique sobre las mismas, garantice una larga vida útil del recubrimiento protector (pintura) y por ende del bien fabricado.

La preparación de superficies representa un costo significativo en la fabricación de una estructura metálica, por lo que es clave para la eliminación de cascarillas, laminillos, herrumbre, aceite, grasa, pintura vieja, etc.

Actualmente la empresa Ingeniería, Fabricación y Montaje S.A.C. se dedica a la fabricación de estructuras metálicas y viene llevando a cabo el proceso de preparación de Superficies mediante arenado (sand blasting), para luego proceder a la protección contra la corrosión por medio de la aplicación de pinturas.

Tomando en cuenta que el proceso de arenado resulta caro, de menor producción, menor calidad de acabado superficial, genera polución contaminando el ambiente de trabajo y el entorno, a diferencia del proceso de granallado, el cual es más barato, más limpio y no genera polución, hemos creído conveniente realizar el presente trabajo de Investigación de Sustitución del sistema de arenado por un sistema de granallado en IFM S.A.C.

La realidad problemática de la investigación es que actualmente en la empresa IFM S.A.C se utiliza el sistema de arenado en la preparación de superficies en las diversas estructuras metálicas, desde hace 15 años. Existe la necesidad de reducir costos de producción en la preparación de superficies y equipos que fabrica en sus instalaciones. Se requiere la implementación de un sistema moderno, rentable y de gran proyección para obtener un recubrimiento protector más duradero, resultados de anclaje superior y superficies más eficiente desde todo punto de vista. Generar mayor rentabilidad por la reducción de costos frente al arenado.

Lo dicho anteriormente nos lleva a formular la pregunta de la investigación: ¿En cuánto se puede reducir los costos de preparación de superficies, mediante el diseño de un sistema de granallado en la empresa IFM S.A.C.-en Nuevo Chimbote?

Se plantea como el principal objetivo a desarrollar el de:

- Diseñar un sistema de granallado para reducir costos de preparación de superficies en la empresa IFM S.A.C.-Nuevo Chimbote

Los objetivos específicos serán:

- Describir el proceso actual de preparación de superficies en la empresa
- Determinar los parámetros de funcionamiento del sistema de granallado en la empresa.
- Seleccionar los equipos electromecánicos de sistema de granallado, mostrando sus planos y láminas
- Realizar una evaluación económica, mediante los indicadores VAN y el TIR.

La justificación del presente trabajo de investigación se realiza como una respuesta a la necesidad de IFM S.A.C. de reducir sus costos de producción en la preparación de superficies de las estructuras metálicas y equipos que fabrica en sus instalaciones.

El actual proyecto se justifica desde el punto de vista técnico (proceso más seguro, mejor grado de operatividad, preparación de superficie de mejor calidad), económico (proceso más barato), ambiental (reducción de la polución o contaminación ambiental).

La preparación de superficies mediante un Sistema de Granallado es más barata que la realizada actualmente por lo que ello permitirá un Ahorro Anual significativo, el cual permitirá generar la rentabilidad y el pago de la inversión.

II. MARCO TEÓRICO

Para realizar un buen diseño de una planta granalladora se realizó una revisión de antecedentes e información documentaria para la cual se vio los siguientes autores:

(Ruiz, 2012), en su tesis titulada “Uso de la escoria de mata de níquel como material abrasivo en el proceso de limpieza por el método de sand blasting”, concluyó que la principal característica de la escoria a base de mata de níquel como abrasivo es crear cantidades bajas de polvo, otorgando una ventaja en la salud para el personal. Además de no fraccionarse finamente, tal como lo hace la arena, facilitando así la recuperación del material. De esta manera proporciona menor contaminación ambiental, y menor generación de residuos y polvo.

(Belloso, Flamenco, 2014), realizó la investigación titulada “Diseño y construcción de un sistema semiautomático de granallado para uso didáctico”, tuvo como objetivo diseñar una maquina granalladora que ayude a mejorar la limpieza de piezas pequeñas y medianas de hierro gris, obteniendo como resultado que la utilización de una maquina granalladora era mucho más eficiente que lo que se estaba utilizando anteriormente, concluyeron que el diseño y la implementación de una máquina de granallado traería grandes beneficios económicos y también de calidad en la limpieza de superficies para la empresa.

(Fernández, 2015), en su investigación “Diseño de una recámara para el proceso de granallado de vigas metálicas”, diseño un cuarto de granallado el cual llegaría a limpiar vigas metálicas mediante el uso de chorro abrasivo, obteniendo como resultado que el uso de un cuarto de granallado presenta beneficios en cuanto a producción y reducción de costes en el proceso de limpieza de vigas mediante el chorro abrasivo, concluye que el diseño y la construcción de una recamara de granallado es de gran beneficio ya que se utilizó productos y materiales metálicos que se encontraban en stock para la construcción de la cabina de granallado alcanzando así el ahorro en los costos del proyecto de un 35,9%, y que el beneficio no solo sería económico ya que también sería ambiental ya que la granalla metálica

no es contaminante y también es reutilizable.

(Sayre, 2015), elaboró la investigación titulada “Tratamiento de limpieza superficial en estructuras de acero al carbono y su impacto en la industria metalmecánica”, tuvo por objetivo evaluar de forma económica y el rendimiento de los distintos tipos de materiales abrasivos utilizados en la industria, la autora tuvo como resultados después de evaluar entre el granallado y el arenado, el granallado obtiene superficies mucho más limpias en menor tiempo con respecto al arenado. La autora concluye que el uso de la granalla es extremadamente beneficioso ya que tiene una mayor eficacia y además el polvo generado por la granalla era de 0% en comparación con la arena que dio un 35%.

(Medina, 1992), desarrollo la investigación titulada: “Diseño de una máquina arenadora para pequeñas piezas”, en la cual concluye que, Durante la fabricación y montaje de la cabina de granallado, control de calidad debe exigir un excelente ensamblaje de sus autopartes, buena ejecución de soldadura con 7018, debe haber un alineamiento y nivelación de la estructura para obtener un producto de primera calidad que garantice una operación segura.

Torres (2013), en su tesis “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” en su proyecto utilizo dos condiciones para aplicación para granalla mineral, seleccionándola por su bajo costo, alta eficiencia, y riesgo mínimo para el operador su prototipo utiliza la succión por efecto Venturi.

Preparación de superficies

Éstos procesos consisten análogamente en impactar sobre la superficie a preparar un chorro continuo de arena o granalla metálica a una velocidad de 65 a 110 m/s, propulsado en ambos casos mediante aire comprimido a alta presión, hasta la obtención del metal al blanco o casi al blanco, con la finalidad de aplicarle luego un recubrimiento protector, de pintura.

La arena sílice es extremadamente frágil, degradándose (fragmentándose) rápidamente en cada golpe en más del 80 % como polvo inservible con tamaños de malla menores a 300 Mesh. Dicho polvo fino generado produce una gran polución en el lugar de trabajo y su entorno, liberando sílice entre 2.5 a 10 micras, la cual altera la concentración y composición normal del aire, convirtiéndose en altamente dañino y que al ser inhalado por el ser humano se deposita en las vías respiratorias causando graves e irreversibles enfermedades como el fibroma y la silicosis pulmonar.

La limpieza con chorro abrasivo de arena o granalla metálica (sand blasting o shot blasting) tienen por finalidad:

- Eliminar los óxidos, impurezas, escamas de laminación y cualquier tipo de recubrimiento de la superficie metálica con el fin de prepararla para la aplicación de recubrimiento o pintura de protección contra la corrosión.
- Alcanzar el perfil de anclaje requerido para la aplicación óptima del recubrimiento protector (Rugosidad).

De la correcta preparación de superficies y de la aplicación de un correcto sistema de protección, depende la resistencia a la corrosión y durabilidad del sustrato metálico, lo que se traduce en reducción de costos por mantenimiento, e incremento de la vida útil de estructuras y equipos.

Para llevar a cabo una correcta preparación de superficie y aplicación de pinturas de protección anticorrosiva, se requiere que las condiciones ambientales se encuentren dentro de los siguientes valores o parámetros:

- Temperatura ambiental: Entre 8°C y 40°C
- Temperatura sustrato metálico: Entre 8°C y 40°C
- % Humedad relativa: < 90%.
- Temperatura de rocío (o de condensación), la cual es la temperatura a la que empieza la condensación de la humedad contenida en el aire.

La diferencia entre la temperatura superficial del sustrato metálico y la temperatura del punto de rocío debe ser superior a los 4°C.

Tabla 1. Principales Características de la Arena Versus Granalla de Acero

Abrasivo	Arena	Granalla de acero
Abrasivo	Silicio	Metálica
Forma	Irregular redondeado	Angular
Dureza	5-6 Mohs	40-68 RC
Densidad	1600 Kg/m	4000 Kg/m ³
Sílice libre	90%	0
Factor de polución	Alto	Muy bajo
Mallas disponibles	6-300	18-200
Factor de reutilización	x 1	x 500

Fuente: Blasting S.A., 2018, Información técnica

Como quiera que la limpieza mediante la proyección de chorro abrasivo implica impacto de partículas sobre superficies, dicho impacto deja entallas sobre el metal las cuales conforman el perfil de anclaje del recubrimiento protector determinado por la máxima altura. Esta se mide desde el fondo de las picaduras (valles) hasta la parte más alta (picos), tomándose el mayor valor (Sika Colombia S.A.S, 2015).

Los valores máximos de altura de perfil producidos por diferentes abrasivos, se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 2. Perfil de anclaje de diferentes abrasivos.

Abrasivo	Máx. Tamaño Partícula	Máx. Altura Perfil (mils)
Arena muy fina	A través de malla 80	1.5
Arena fina	A través de malla 40	2.8
Arena media	A través de malla 18	3.4

Arena gruesa	A través de malla 12	3.8
Steel grit N° G-80	A través de malla 40	1.8
Steel grit N° G-50	A través de malla 30	2.2
Steel grit N° G-40	A través de malla 20	3.4
Steel grit N° G-25	A través de malla 16	4.6
Steel grit N° G-16	A través de malla 12	6.5
Steel shot N° S-170	A través de malla 20	2.8
Iron shot N° S-230	A través de malla 18	3.0
Iron shot N° S-330	A través de malla 16	3.5
Iron shot N° S-390	A través de malla 14	3.8

Fuente: Sika Colombia S.A.S, 2015, Preparación de superficies metálicas.

Sistema de preparación de superficies mediante arenado (Sand blasting).

El sistema de Arenado ha decaído debido al alto costo de la arena, a causa de la dificultad de conseguir canteras o proveedores que cumplan con suministrar un material de granulometría, contenido de cloruros, sulfatos, arcilla, sílice, etc, adecuados. Aparte de ser la arena de sílice un material rápidamente degradable lo cual lo genera grandes cantidades de material fino, inservible, siendo su evacuación también un problema adicional por tener que movilizar maquinaria pesada para su evacuación de planta, así como tener que contratar una empresa prestadora de servicios, por manipular material contaminado. Por otro lado, también genera contaminación con los consiguientes riesgos de salud e impactos ambientales.

Éste sistema está compuesto de los siguientes equipos y máquinas:

- Compresor
- Refrigerador de aire comprimido
- Filtro de aire comprimido.
- Acumulador de aire comprimido o tanque de almacenamiento.

- Botella de granallado.
- Boquilla de proyección de abrasivo-venturi largo.
- Cuarto de Arenado (blasting room).
- Carro transportador de carga para Arenado.
- Instalaciones eléctricas e iluminación.

ESQUEMA DE UN SISTEMA DE PREPARACION DE SUPERFICIES MEDIANTE ARENADO (SAND BLASTING)

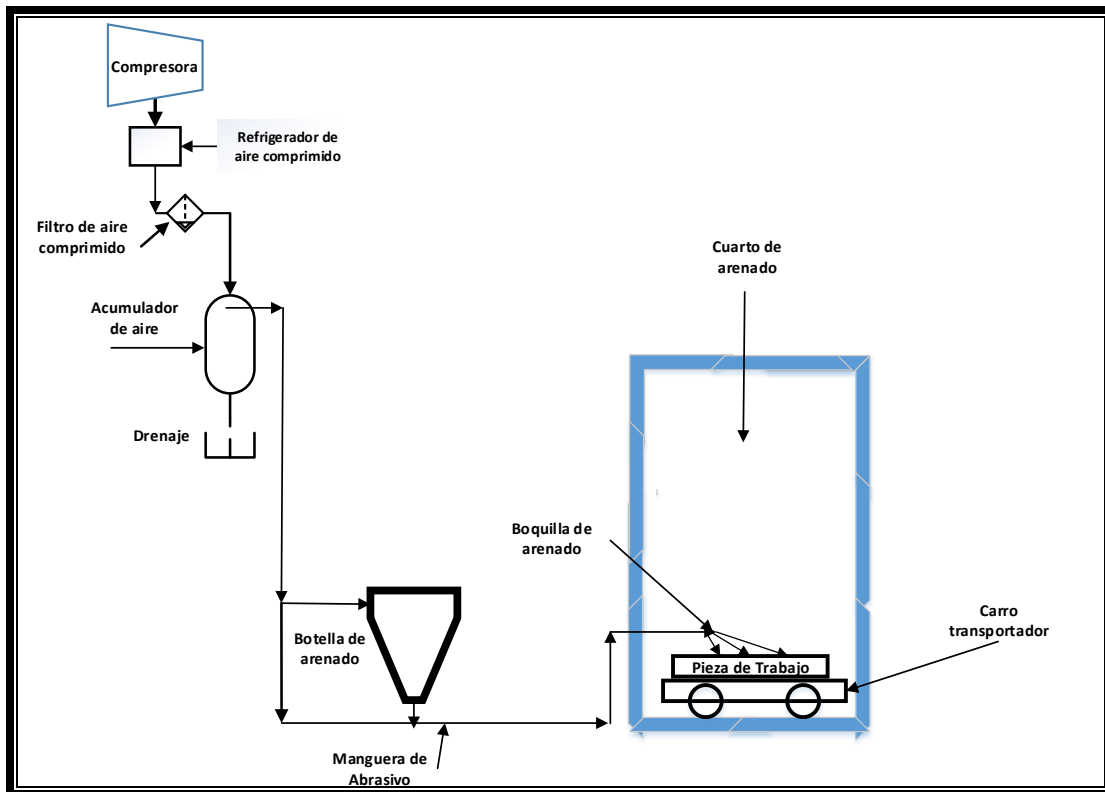


Figura 1. Esquema de un Sistema de Preparación de Superficies mediante Arenado (Sand blasting).

Sistemas de preparación de superficies mediante granallado (shot blasting).

Éste proceso de preparación de Superficies mediante chorro de granalla, tiene el mismo principio y funcionamiento que el arenado la diferencia radica en que en lugar de emplear la arena como material abrasivo, se emplea la granalla. Asimismo, en el Sistema de Preparación de Superficies mediante Arenado no se emplean sistemas de recuperación del abrasivo. Sin embargo, en el Sistema de Preparación de Superficies mediante Granallado se emplean también equipos de recuperación del abrasivo, a diferencia del arenado.

Tabla 3. Aplicaciones generales de granallas esféricas y angulares

ESFÉRICAS		ANGULARES		APLICACIONES GENERALES
Tamaño (SAE)	Rugosidad	Tamaño	Rugosidad	
S-660	Muy alta a alta	G-12	Muy alta	1- Remoción de escama espesa o tenaz; 2- Limpieza de fundidos de acero o hierro, de grandes dimensiones
S-550 S-460 S-390	Alta a mediana	G-14 G-16 G-18	Alta	1- Limpieza de fundidos medianos de acero 2- Remoción de capas espesas de tinta u óxido (*) 3- Limpieza de fundidos espesos de hierro gris, nodular, etc 4- Granallado de cilindro laminador (*) 5- Remoción de escamas de zóquetes, chapas gruesas y placas
S-330 S-280 S-230	Mediana a baja	G-25	Baja	1- Limpieza de fundidos livianos de acero 2- Limpieza de fundidos medianos de hierro, gris maleable, nodular y de no ferrosos 3- Remoción de escamas de piezas tratadas térmicamente, forjados medianos, chapas gruesa. 4- Preparación de tanque de agua caliente antes de la esmaltación (*) 5- Remoción de tintas y óxido (*) 6- Granallado de cilindro laminador (*)
S-170 S-110	Baja a muy baja	G-40 G-50 G-80	Baja	1- Limpieza de fundidos livianos de acero 2- Remoción de escamas de barras, bobinas, forjadas livianas, piezas tratadas térmicamente, tubos, chapas finas, tiras e inoxidable 3- Remoción de tintas y óxido liviano (*) 4- Limpieza de piezas maquinadas 5- Granallado de cilindro laminador (*)
		G-120	Muy baja	1- Limpieza de piezas fundidas ferrosas y no ferrosas muy pequeñas 2- Remoción de capas finas de tinta, óxido y escama (*) 3- Limpieza de piezas fundidas en coquilla o pequeñas piezas maquinadas 4- Limpieza y preparación de moldes para vidrio y para fundición en coquilla (*) 5- Granallado de cilindro laminador (*)
(*) solamente con granalla angular				

Fuente: Industria de Fundicao TUPY Ltda., 2018, El Proceso de Granallado.

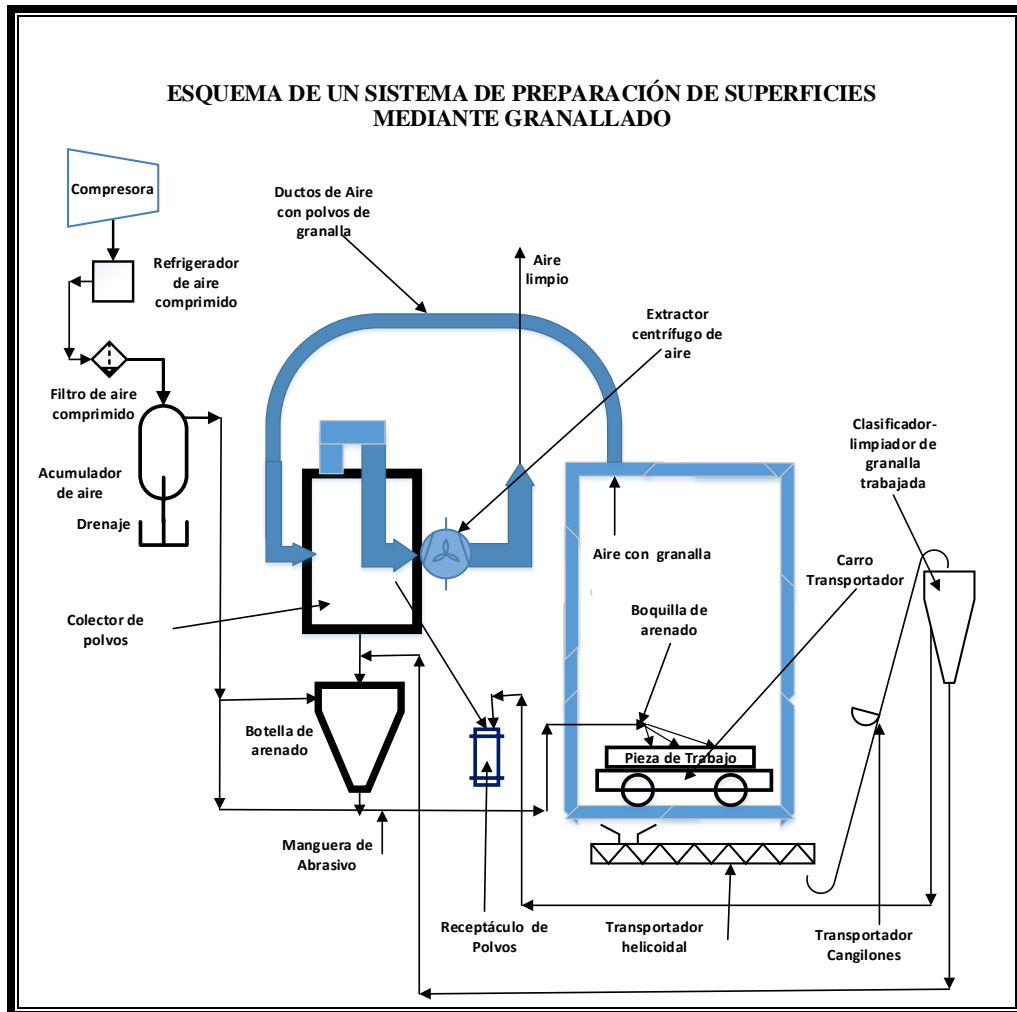


Figura 2. Esquema de un Sistema de Preparación de Superficies mediante Granallado (Shot blasting).

El Shot blasting, y consiste en propulsar aire a alta presión conteniendo partículas de granalla metálica, las mismas impactan sobre la superficie metálica eliminando óxidos, laminillas y materiales contaminantes, así como proporcionando la rugosidad o aspereza metálica requerida para el anclaje del posterior recubrimiento de pintura.

Para un mejor entendimiento o comprensión lo hemos dividido en tres sub-sistemas:

- **Sub-sistema de producción del chorro abrasivo.**
- **Sub-sistema de recirculación de granalla (Evacuación-clasificación-limpieza de granalla).**

- **Sub-sistema de recolección y evacuación de polvos (aire contaminado).**

La capacidad de carga de granalla a utilizar se determina de acuerdo al diámetro de la boquilla de proyección a utilizar y se expresa en Kg de granalla o arena. Esta capacidad deberá otorgar al sistema de carga una autonomía de 55 minutos (para una botella de arenar).

Una planta de granallado, considerando sus tres sub-sistemas mencionados líneas arriba está compuesta por:

- Compresor
- Refrigerador posterior de aire comprimido.
- Filtro de aire comprimido.
- Acumulador de aire comprimido ó Tanque de almacenamiento de aire.
- Botella de arenado ó Tolda de arenado (es la misma que se emplea en el granallado).
- Boquilla de proyección de abrasivo-venturi largo ó Boquilla de Arenado.
- Cuarto de granallado. Es similar a la que se requiere para el arenado (blasting room).
- Carro transportador de carga para granallado
- Extractor centrífugo de aire.
- Transportador helicoidal (de Tornillo para evacuación de granalla utilizada dentro del cuarto de granallado)
- Elevador de cangilones
- Clasificador-Limpiador de granalla (separador, el cual se compone de un tambor separador y un aspirador de finos).
- Captador de polvo
- Colector de polvo (dust collector)
- Receptáculo de polvos
- Instalaciones eléctricas e iluminación.

Características de construcción, selección y funcionamiento de componentes del sub-sistema de producción del chorro abrasivo:

El sub-sistema de producción del chorro abrasivo está conformado por:

- Compresor.
- Refrigerador posterior de aire comprimido.
- Filtro de aire comprimido.
- Acumulador de aire comprimido.
- Botella de arenar.
- Boquilla de arenar.
- Cuarto de arenado/granallado.
- Carro transportador de piezas a arenar/granallar.

A continuación, se describirá a selección de los elementos de granallado de acuerdo a los requerimientos adecuados para realizar esta actividad.

Compresor

El compresor es una máquina térmica que comprime el aire que aspira, tomando energía de un motor eléctrico o de un motor de combustión interna y la transforma en energía de presión, almacenándolo en un recipiente de presión denominado acumulador, tanque o pulmón de aire.

En la preparación de superficies ya sea por arenado o por granallado, los parámetros del aire comprimido son los mismos. Por lo que las dimensiones del compresor requerido para la preparación de superficies, son las mismas.

Tabla 4. *Requerimientos de aire comprimido y consumo de abrasivo*

Diámetro de boquilla o tobera	Presión en boquilla (psi)							Requisitos de aire y potencia del compresor
	50	60	70	80	90	100	125	
N° 2 (1/8")	11	13	15	17	18.5	20	25	Aire (CFM)
	67	77	88	101	112	123	152	Abrasivo (lb/hora)
	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	Compresor (hp)
N°3 (3/16")	26	30	33	38	41	45	55	Aire (CFM)
	150	171	196	216	238	264	319	Abrasivo (lb/hora)
	6	7	8	9	10	10	12	Compresor (hp)

N° 4 (1/4")	47	54	63	68	74	81	90	Aire (CFM)
	268	312	354	408	448	494	608	Abrasivo (lb/hora)
	11	12	14	16	17	18	22	Compresor (hp)
N°5 (5/16")	77	89	101	113	126	137	168	Aire (CFM)
	468	534	604	672	740	812	982	Abrasivo (lb/hora)
	18	20	23	26	28	31	37	Compresor (hp)
N° 6 (3/8")	108	126	143	161	173	196	237	Aire (CFM)
	668	764	864	960	105 2	115 2	139 3	Abrasivo (lb/hora)
	24	28	32	36	39	44	52	Compresor (hp)
N° 7 (7/16")	147	170	194	217	240	254	314	Aire (CFM)
	896	103 2	117 6	131 2	144 8	158 4	193 1	Abrasivo (lb/hora)
	33	38	44	49	54	57	69	Compresor (hp)
N° 8 (1/2")	195	224	252	280	309	338	409	Aire (CFM)
	116 0	133 6	151 2	168 0	185 6	202 4	245 9	Abrasivo (lb/hora)
	44	50	56	63	69	75	90	Compresor (hp)

Fuente: Sika Colombia S.A.S , 2015, Preparación de superficies metálicas.

Refrigerador posterior de aire comprimido.

El refrigerador posterior de aire comprimido es un intercambiador de calor que se instala luego de la salida del aire comprimido de la compresora con la finalidad de enfriar el aire comprimido para condensar el agua y eliminarla a través de un separador mediante un drenaje automático, evitando de ésta manera pase al acumulador de aire, filtros y tuberías.

- Flujo de aire máximo: 774 m³/h, temperatura de salida del aire 10°C sobre el aire o agua de refrigeración.
- Ventilador eléctrico de 630 mm de diámetro, 370 w,
- Altura: 1325 mm.
- Ancho: 1130 mm.
- Fondo: 490 mm.
- Peso: 61 Kg.



Figura 3. Refrigerador posterior de aire comprimido
Fuente: Catálogo Condensate Management.

Filtro de aire comprimido

El Filtro de aire comprimido tiene como función eliminar o reducir a niveles permisibles el aerosol de aceite, polvo húmedo y gotas de agua presentes en el flujo de aire comprimido.

El uso de éste componente del sistema evita la ocurrencia de fallas en la operación del granallado/ arenado, como son:

- Obstrucciones en la boquilla de arenar,
- Obstrucciones en los filtros separadores, obstrucciones en el flujo, tornillo sin fin y equipos.
- Pérdidas en el flujo de granalla/arena.
- Incremento en el consumo de granalla/arena.
- Reprocesos por mala calidad de preparación superficial.
- Oxidación rápida de la superficie granallada.

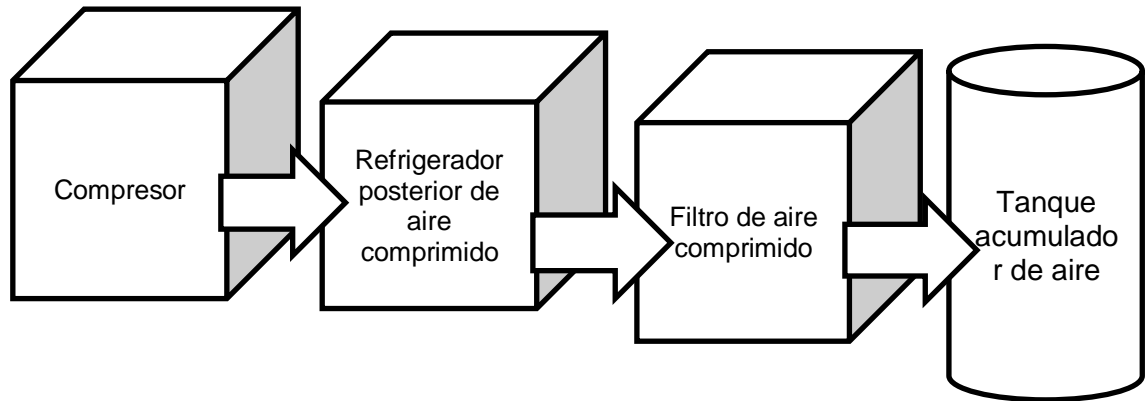


Figura 4. Disposición del filtro de aire comprimido en el sistema de aire comprimido

Acumulador de aire comprimido o Tanque de almacenamiento de aire comprimido.

El Acumulador de aire comprimido, es el tanque en el que se almacena o acumula el aire comprimido.

El Acumulador de aire comprimido se calcula y dimensiona de acuerdo al modelo más adecuado que satisfaga las necesidades de almacenamiento. Cuanto mayor sea el tanque de almacenamiento, más pies cúbicos de aire comprimido por minuto podrá acumular para luego ser utilizado en el proceso de granallado.

Un tanque acumulador mejora varios aspectos del sistema de aire comprimido como:

- Eficiencia del compresor, al eliminar los arranques innecesarios, reduciendo de ésta manera el número de ciclos carga-descarga.
- Acumulación en su parte baja del condensado de agua, el mismo que eliminado mediante purga permite obtener un aire comprimido más seco mejorando de ésta manera la calidad.
- Reduce los golpes de presión del sistema.
- Compensa los picos de demanda reducidos, repentinos y cortos.

De acuerdo a la potencia nominal del compresor se calcula y selecciona correctamente el tanque acumulador, para lo cual aplicamos la siguiente fórmula:

$$VR = V1 * (DF - DF^2)/(Z * Dp) \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

VR = Volumen real del tanque en [m3]

V1 = Flujo de aire del compresor [m3 /h]

V2 = Demanda de aire de la planta [m3 /h]

Z = Número de ciclos carga – descarga permitidos por hora del compresor.

Dp = Diferencial de presión del compresor [bar]

$$DF = V2/V1 \text{ (Factor de Carga) } \dots\dots\dots(2)$$

Para calcular el consumo efectivo de aire, será necesario considerar el factor de carga, factor de pérdidas y necesidades futuras (Carnicer Royo, 1977).

El factor de carga (fc) viene expresado por la relación entre el consumo real (Cr) y el consumo máximo de aire a plena carga (Cm)

Como quiera que el compresor no es capaz de ajustar por si solo los ciclos de carga-descarga, es necesario considerar un ajuste de presión al control del compresor, cuyo valor será basado en una presión diferencial de 15 psi (aproximadamente 1 bar).

Botella o Tolva de granallado/ arenado.

Es un recipiente construido de acero estructural, bajo normas ASME, en el cual se llena el abrasivo de trabajo, ya sea granalla o arena. El cuerpo es cilíndrico. Éste recipiente está dividido en dos cámaras (cámara superior y cámara inferior). La tapa de cámara superior es soldada, tiene forma cónica con un agujero central, el cual sirve para la carga del abrasivo. Una vez realizada la carga de la cámara superior, ésta se sella hermética e interiormente mediante un cono de jebe accionado o presionado contra el agujero mediante aire comprimido.

Para la cámara inferior, al interior de la parte central del cuerpo cilíndrico también se cuenta con otra tapa soldada con agujero central sellado mediante un cono de jebe accionado o presionado contra el agujero mediante aire comprimido, el cual sirve para cargar la cámara inferior. Para la operación, ambas cámaras deberán estar presurizadas. Durante la operación, el abrasivo de la cámara inferior se va

agotando. Para volverla a cargar es necesario despresurizarla. Luego del llenado se presuriza y despresurizar la cámara superior para volverla a llenar. Una vez llena la cámara superior, ésta se presuriza. Así sucesivamente para no interrumpir la operación de la botella.

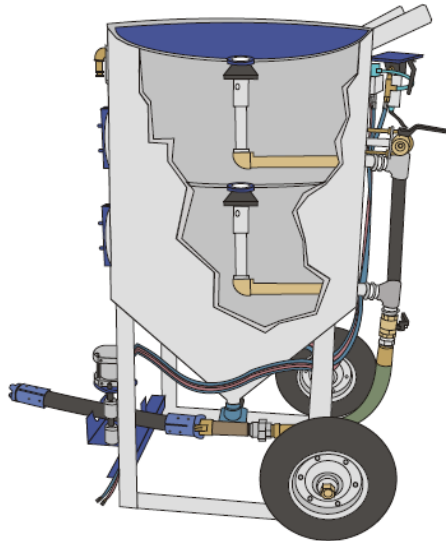


Figura 5. Tolva de granallado arenado de doble cámara
Fuente: Equipos de arenado y granallado manual-CYM Materiales S.A.-2018

Para realizar la preparación de superficies empleando diversos tipos de abrasivos, no se requiere llevar a cabo cambios en la tolva o botella de arenado.

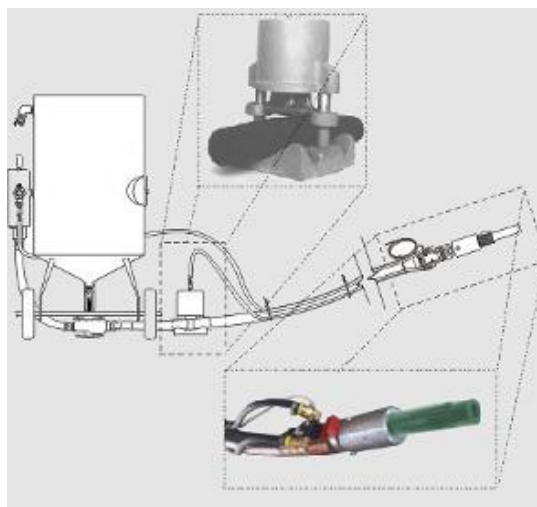


Figura 6. Tolva de granallado con control remoto en la pistola.
Fuente: Catálogo- TM Metal Corp.-Tolva de Granallado Nacional

TABLA 5. Detalles técnicos de tolvas de granallado de cámara doble

Modelo	Capacidad de carga por cámara			Dimensiones		Opcionales (códigos)		Peso (Kg)	Salidas		Autonomía (minutos)
	Litros	Granalla (Kg)	Arena (Kg)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Rejillas y tapas	Ruedas		Cantidad	Tipo de control	
CY500-2	200	800	300	1000	1700	CYT08053 CYT08053T	Y353C180	400	1 o 2	M P	55/23

Fuente: Catálogo- Equipos de arenado y granallado manual-CYM Materiales S.A.-2018

Boquilla de arenado/granallado

Es el elemento que proyecta el abrasivo sobre la superficie de las piezas a limpiar. Posee núcleo de carburo de tungsteno o boro. La boquilla de granallado se alimenta de la mezcla de granalla metálica con aire comprimido entre 90 a 110 psi, el cual proviene del tanque de acumulación de aire comprimido suministrado por la compresora. La velocidad del abrasivo proyectado es de 65 a 110 m/s.

En el mercado existen diversos tipos y tamaños de boquillas. El diámetro de la garganta, por el cual sale proyectada la granalla y la presión de trabajo, determinan la cantidad de aire requerido y el consumo de granalla durante una jornada de trabajo.

De acuerdo con el catálogo concitado en la Fuente: “Boquillas para Equipos de Granallado y Arenado” de CYM MATERIALES S.A.- <https://cym.com.ar/intranet/boquillas-de-granallado-para-equipos-de-arenado-portatiles-por-aire-comprimido-cymmateriales.>, las boquillas para granallado/arenado recomendadas son:

- Boquillas de Proyección de Abrasivo-Rectas Cortas – Con núcleo de Carburo de Tungsteno o Boro.
Éstas boquillas tienen un menor chorro de granalla que las boquillas de venturi largo, por lo que se recomiendan para trabajos delicados y con botellas de arenar de menor capacidad.
- Boquillas de Proyección de Abrasivo Venturi Largo - Con núcleo de Carburo de Tungsteno o Boro.

Comparadas con las boquillas Rectas Cortas, Son las recomendadas para

trabajos industriales de granallado, tienen mayor rendimiento de área de limpieza por jornada de trabajo.



Figura 7. Boquilla de proyección de abrasivo tipo Venturi

Cuarto de granallado/arenado (Blasting Room)

Es en éste recinto donde se realiza el granallado mediante la proyección de partículas de abrasivo (granalla o arena) a alta velocidad sobre la superficie metálica a preparar

Dentro del cuarto de granallado también se encuentran algunos equipos para la extracción - conducción de la granalla trabajada hacia el exterior del mismo.

Las principales características del cuarto de granallado son:

- Estructura de concreto armado y con perfiles de acero.
- Cubierta de láminas de acero estructural.
- Portón de tipo batiente o rebatible.
- Revestimiento interno de la cámara de granallado con jebe o geomembrana de alta resistencia a la abrasión.
- La iluminación desde el exterior a través de vidrios laminados y la iluminación interior es con luz artificial.

Como un dato práctico, es necesario considerar en el plano horizontal 1.600 m de espacio alrededor de la pieza máxima de trabajo, con la finalidad de que el operario de granallado tenga la libertad de movimiento para la ejecución de su

Considerando como pieza máxima de trabajo una tubería de 2.4 m de diámetro x 8.0 m de largo, se requeriría un cuarto de granallado de 5.600 m de ancho x 11.200 m de largo x 4.000 m de altura.



Figura 8. Cámara de Granallado Industrial

Carro transportador de estructuras a granallar.

Es un carro provisto de ruedas carrileras construido en base a perfiles “U” de acero estructural con una altura de plataforma de 600 mm x 1700 mm de ancho x 2500 mm de largo, que se desplaza longitudinalmente sobre rieles y sirve de soporte para las piezas, componentes y equipos a granallar



Figura 9. Cuarto de granallado con su carro transportador
Fuente: Catálogo de Herramientas de última tecnología para empresas mineras e Industriales-Alarcón Arista Representaciones S.A.C.- 2018.

Sub-sistema de recirculación de granalla (Evacuación-clasificación-limpieza de granalla):

El sub-sistema que realiza el trabajo de recirculación de la granalla utilizada, considerando desde la Evacuación del cuarto de granallado –clasificación y limpieza. Está compuesto por:

- Transportador helicoidal
- Elevador de cangilones
- Clasificador-limpiador de granalla.
- Receptáculo de granalla.
- Receptáculo de polvos

Transportador Helicoidal (Sistema de evacuación de granalla desde el cuarto de granallado hacia el exterior de éste).

La recolección de granalla se inicia con la evacuación de la granalla utilizada que cae por gravedad. La mezcla polvo-granalla recuperada en el fondo del cuarto de granallado, se extrae del interior de éste mediante un transportador helicoidal.



Figura 10. Transportador helicoidal para manejo de granalla.

Elevador de cangilones

Un sistema elevador, es un sistema transportador de elevación de carga basado en la sujeción de cangilones mediante correas o cadenas.

Éste elevador, recoge la granalla extraída del cuarto de granallado por el transportador helicoidal, la eleva y descarga en la parte superior del clasificador-limpiador de granalla.

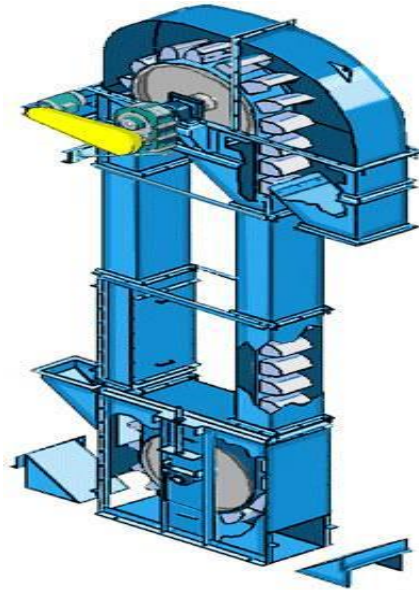


Figura 11. Elevador de cangilones

Clasificador-Limpiador de granalla

Éste sistema se encarga de recuperar la granalla sólida para su reutilización, es decir se encarga de limpiar y clasificar la granalla, mediante separación de la granalla útil de la granalla inservible por efectos de la fragmentación, polvos, óxidos y contaminantes que ya no son de utilidad para el proceso de granallado.

El proceso de recuperación de granalla se inicia cuando la granalla que queda depositada sobre el piso o fondo es evacuada del cuarto de granallado por un transportador helicoidal o de tornillo sin fin, y es depositada en una pequeña tolva de descarga, ubicada en la parte externa del cuarto de granallado, desde la cual dicha granalla es recogida por el elevador de cangilones.

Es necesario señalar que éste equipo no está diseñado para remover grasas o aceites, por lo que se recomienda tomar las previsiones del caso a fin de que la granalla no se contamine con dichos lubricantes o materias extrañas. tipo de materiales.



Figura 12. Clasificador-Limpiador de granalla de trabajo pesado
Fuente: Catálogo- Blasting S.A.-Limpiadores de granalla

Características de construcción, selección y funcionamiento de componentes del Sub-sistema de recolección y evacuación de polvos:

El sub-sistema de recolección de polvos está conformado por:

- Captador de polvos
- Recolector de polvos
- Extractor de aire (centrífugo)
- Receptáculo de polvos.

Captador de polvos.

Es un sistema de captación de que comprende dos ventanas de aspiración de 600 mm de diámetro exterior y los ductos de succión del aire del mismo diámetro, los cuales conducen el aire contaminado con polvos generados durante el proceso.

Opera succionando y evacuando el aire contaminado con éstos polvos (partículas

finas, considerados como estériles), fuera del cuarto de granallado, desde el cuarto de granallado hasta el colector de polvos.

Para la operación eficiente del captador de polvo se requiere un flujo regulado, uniforme.



Figura 13. Captador-colector de polvos del granallado
Fuente: Donaldson Filtration Solutions- Informativo

Recolector de polvos (dust collector).

Es uno de los componentes más importantes del sistema de preparación de superficies mediante granallado. Tiene como función separar las partículas finas inservibles y cuerpos extraños del sistema.

Una vez conducido el aire contaminado a través de los ductos desde el cuarto de granallado por medio de la aspiración del extractor de aire, hasta el colector de polvos, éste aire contaminado de partículas ingresa a la cámara de filtros de cartucho, los cuales retienen en su superficie éstos polvos, de tal manera que el aire que ingresa al extractor de aire sea totalmente limpio.

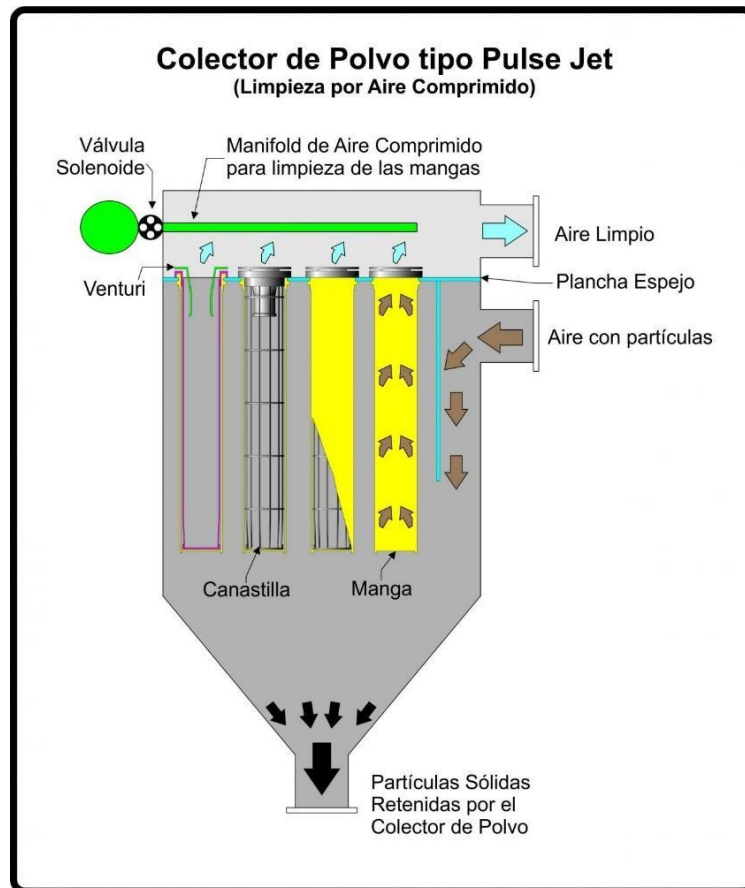


Figura 14. Colector de polvo tipo pulse jet
Fuente: Catálogo Tipos de Colectores – e BCF Environment –Jan 17, 2018.

Con el propósito de evitar que la obstrucción de la superficie externa de los filtros afecta la capacidad de succión del extractor de aire y por ende el cuarto de granallado se llene de polvo, es necesario aplicar automáticamente chorros de aire comprimido periódicamente sobre la superficie externa de los filtros.

Antes que se sature y afecte negativamente la capacidad de extracción de aire contaminado de la cámara de granallado, es necesario aplicar limpieza automática de los filtros del colector mediante un chorro pulsante de aire comprimido. Dicho chorro se lanza automáticamente en función de la diferencia de presiones entre la cara limpia de los filtros y la cara que retiene los polvos. Ello mediante un manómetro diferencial que acciona una electroválvula gobernada por un presostato.

Tabla 6. Aspiradores de Polvos Industriales de Cartuchos - Línea CART

Modelos	Cant. Elementos Filtrantes	Volumen de aire (m3/min)	Potencia de ventilador		Caudal de aire comprimido	
			HP	Kw	Soplido cada 10 seg	Soplido cada 5 seg
CART 1NM	1	12	2	1.5	300 lt/min	600 lt/min
CART 2	2	24	4	3		
CART 4	4	48	7.5	5.6		
CART 6	6	72	10	7.5		
CART 8	8	96	15	11.25		
CART 12	12	144	20	15		
CART 16	16	192	30	22.5		
CART 20	20	240	30	22.5	600 lt/min	1200 lt/min
CART 24	24	288	40	30		
CART 32	32	384	50	37.5		
CART 36	36	432	50	37.5		

Fuente: Aspiración Industrial – Catálogo CYM Materiales S.A.- <https://cym.com.ar>

Tabla 7. Características de Colectores de Cartucho de Polvos Industriales

Cantidad de cartuchos según modelo	1 plus	2	2	2	4	6	8	12	16	24	36
Válvulas de sopleteo	1	1	1	1	2	3	4	6	8	12	18
Potencia de extractor (hp)	0.7 5	2	3	5.5	7.5	10	15	20	30	40	50
Tipo de sopleteo: Manual (M) Automático (A)	M	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caudal de extracción (m³/min)	5	10	15	20	40	60	80	120	160	240	360
Diámetro de boca de ingreso (mm)	76	150	150	200	250	300	350	450	500	650	700
Medio filtrante Papel (PA) Poliéster (PO)	PA	PO	PO	PO	PO	PO	PO	PO	PO	PO	PO
Superficie filtrante/cartucho (m²)	14	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
Caudal mínimo de aire comprimido (m³/min)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	1	1	1.3	1.3

Fuente: Aspiración Industrial – Catálogo CYM Materiales S.A.- <https://cym.com.ar>



Figura 15. Colector de Polvos
Fuente: Catálogo Filtros recolectores de polvos-Blasting S.A.

Extractor de aire centrífugo.

El extractor centrífugo se monta al final del circuito de recolección de polvos, es succiona el aire contaminado con los polvos generados dentro del cuarto de granallado el cual para ingresar al extractor se debe encontrar libre de partículas las cuales en caso de pasar a la caja de la turbina, dañarían por abrasión sus componentes como son carcasa, paletas del ventilador, eje, rodamientos, etc.



Figura 16. Extractor de polvos de una planta de granallado
Fuente: Catálogo- TM Metal Corp.-Extractores de Polvos

Receptáculo de polvos

El receptáculo o recipiente en el cual se receptiona los polvos estériles generados luego de ser capturados por el recolector de polvos o por el clasificador-limpiador de granalla.

III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de Investigación.

Tipo de investigación

La investigación utilizada en el presente proyecto es del tipo aplicada tecnológica, ya que tiene como finalidad satisfacer una problemática. Ya que los resultados servirán para dar la solución en cuanto a problemas que estén relacionados al diseño de la planta de granallado.

Diseño de Investigación

La investigación de acuerdo su alcance y su naturaleza corresponde a un diseño no experimental del caso diseño, ya que mediante la aplicación del método de la experimentación y la observación científica se determinará el resultado, manipulación de variables, teniendo como propósito describir variables y su interrelación en un momento determinado, buscar las causas de un fenómeno, comportamiento o proceso.

3.2. Variables, Operacionalización.

Variable Independiente.

Diseño del Sistema de Granallado

Variable Dependiente.

Costos de preparación de superficies

Operacionalización de Variables.

Está detallada en el anexo 03.

3.3. Población y muestra y muestreo.

Población.

Considerando que la población se refiere al conjunto total de individuos, medidas u objetos con características similares que son observables en un momento y lugar determinado, nuestra población será las plantas de tratamiento de superficies mediante chorro a nivel industrial en la región Ancash.

Muestra.

La muestra se determinó en forma no probabilística, por conveniencia, cuya consideración de plantas de tratamiento de superficies mediante chorro abrasivo, con una capacidad de producción de 160 m²/día.

De acuerdo con la finalidad del presente Proyecto, se decidió aplicar la investigación a la planta de IFM S.A.C.

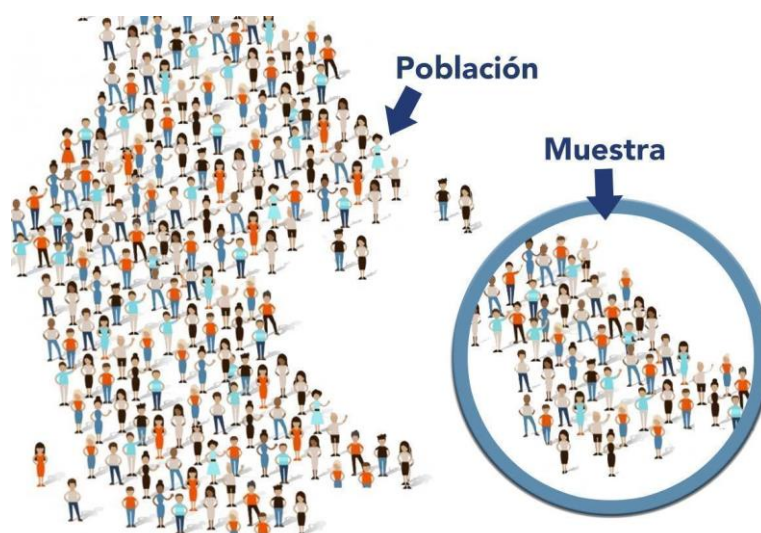


Figura 17. Representación de la muestra

3.4. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.

La técnica de la presente investigación es el análisis de información, documentación, diseño de planta y los instrumentos los reportes y ratios de producción.

Son las diferentes formas en que se llevará a cabo la presente investigación con el objetivo de ordenar, determinar los instrumentos, controlar los datos y orientar la obtención de información. En éste caso predominará la técnica documental la cual permitirá recopilar la información necesaria que sustente el presente estudio. Esta técnica incluye el uso de instrumentos de investigación y comprende:

- Revisión documental,
- Análisis de datos históricos
- Cálculos de diseño
- Observación no experimental

Instrumentos de Recolección de datos

Son los instrumentos que sirven para la recopilación de los datos, recopilación documental y análisis estadístico de la investigación.

En éste caso utilizaremos los siguientes instrumentos:

- Reportes diarios de producción.
- Control de Parámetros de trabajo como presión, temperatura, humedad relativa.

Validez y Confiabilidad:

Validez y Confiabilidad, Hernández (2014, p.200) en su libro propone que la validez es un instrumento el cual se encarga de medir la variable que se pretende estudiar y mientras la confiabilidad es un instrumento que da resultados coherentes e iguales sin varias sus datos.

3.5. Procedimientos.

Después de haber detallado las técnicas e instrumentos de recolección de datos, se procedió a la aplicación de procedimientos para la obtención de datos

- Reportes diarios de producción.
- Control de Parámetros de trabajo como presión, temperatura, humedad relativa.
- Análisis de datos históricos
- Cálculos de diseño

En la investigación será necesario recolectar la información de:

- La capacidad de producción por hora que existe en el proceso actual que es de arenado.
- Las personas encargadas en el proceso actual y el nuevo diseño de granallado.
- Las horas de trabajo del personal.
- La cantidad de energía utilizada en el funcionamiento de equipos.
- La capacidad que tiene el actual proceso y el nuevo diseño.
- Los equipos existentes

3.6. Métodos de Análisis de Datos.

La información y los datos que se han obtenido se realizará sus respectivos planos. también se realizará una evaluación económica mediante el VAN y el TIR, y se procesarán los datos registrados en programa Excel, mediante cálculos de diseño y se elaborarán los planos requeridos de fabricación mediante AutoCAD.

3.7. Aspectos Éticos.

En la investigación se presentan una recolección de datos reales de planta, realizados en la Empresa IFM S.A.C, contando con la autorización la empresa con el fin de poder ejecutar la presente tesis.

IV. RESULTADOS

1. Descripción del proceso el proceso actual de preparación de superficies en la empresa IFM SAC.

En esta sección se describe la forma en la que se realiza el tratamiento superficial actualmente en la empresa IFM S.A.C., el cual es realizado mediante el proceso denominado arenado, el cual consiste análogamente en impactar sobre la superficie a limpiar o preparar un chorro continuo de arena a una velocidad de 65 a 110 m/s, propulsado mediante aire comprimido a alta presión (de 90 a 110 psi), hasta la obtención de la limpieza de la superficie del metal al blanco o casi al blanco, con la finalidad de aplicarle luego un recubrimiento protector, de pintura.

La arena sílice es extremadamente frágil, degradándose (fragmentándose) rápidamente en cada golpe en más del 80 % como polvo inservible con tamaños de malla menores a 300 Mesh. Dicho polvo fino generado produce una gran polución en el lugar de trabajo y su entorno, liberando sílice entre 2.5 a 10 micras, la cual altera la concentración y composición normal del aire, convirtiéndose en altamente dañino y que al ser inhalado por el ser humano se deposita en las vías respiratorias causando graves e irreversibles enfermedades como el fibroma y la silicosis pulmonar.

La limpieza con chorro abrasivo de arena (sand blasting) tiene por finalidad:

- Eliminar los óxidos, impurezas, escamas de laminación y cualquier tipo de recubrimiento de la superficie metálica con el fin de prepararla para la aplicación de recubrimiento o pintura de protección contra la corrosión.
- Alcanzar el perfil de anclaje requerido para la aplicación óptima del recubrimiento protector (Rugosidad).

De la correcta preparación de superficies y de la aplicación de un correcto sistema de protección, depende la resistencia a la corrosión y durabilidad del sustrato metálico, lo que se traduce en reducción de costos por mantenimiento, e incremento de la vida útil de estructuras y equipos.

Los equipos de arenado o granallado, trabajan indistintamente con cualquier tipo de abrasivo. Esto permite, utilizando un mismo equipo, utilizar para cada caso.

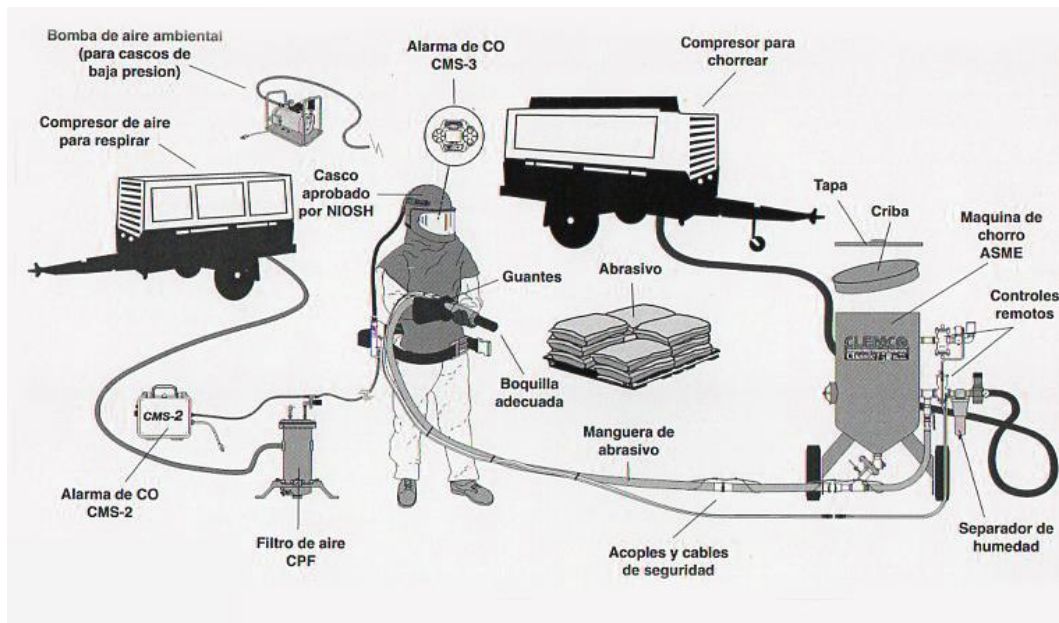


Figura 18. Sistema completo de arenado

Fuente: (Catálogo Columbec-Tecnidefensa, ventasalmacen@columbec.com)

Se determinó el proceso de evacuación de material degradado y mano de obra en la empresa IFM S.A.C. :

a. Evacuación de planta de material abrasivo degradado

La evacuación de planta de material abrasivo degradado implica diferentes costos para el proceso de arenado, Considerando el uso de una boquilla de 7/16", 8 horas diarias de trabajo tenemos que:

- **Proceso actual de arenado:**
 - Densidad: 1600 Kg/ m³.
 - Consumo de arena por hora: 320 Kg /hora.
 - Arena para evacuar m³/hora: 0.20 m³/hora
 - Producción diaria: 72 m²/día.
 - Producción horaria: 9 m²/hora
 - Producción anual requerida: 43200 m².
 - Horas anuales de trabajo: 43200 m² / 9 m²/hora = 4800 horas

- Volumen anual de arena a evacuar: $4800 \text{ horas} \times 0.20 \text{ m}^3/\text{hora} = 960 \text{ m}^3$
- N° volquetadas para evacuar de 10 m^3 capacidad= $960/10 = 96 \text{ Volq.}$
- Costo por volquetada más cargador frontal (pay lower) = \$100.00
- Costo Anual - total evacuación = \$ 9600.00

Se determinaron que los costos anuales de mano de obra de operación para el sistema de arenado que son:

- **Costo anual mano de obra por arenado:**

- Maestro arenador: $6.00 \text{ \$/hora} \times 4800 \text{ horas} = \$ 28800$
- Operario botellero: $4.00 \text{ \$/hora} \times 4800 \text{ horas} = \$ 19200$
- Operario botellero-compresorista: $4.50 \text{ \$/hora} \times 4800 \text{ horas} = \$ 21600$
- Costo anual mano de obra por arenado: = \$ 69600

Tabla 8. *Tabla resumen de Arenado por semana*

CANTIDAD	RESULTADOS PROMEDIO SEMANAL		META QUE DEBE CUMPLIR CADA /OPERADOR DE GRANALLADO 100 m2/JORNADA
	PROMEDIO m2/h	RENDIMIENTO m2/h POR JORNADA DE 8 HORAS	
Operador 1	9.00	72.00	

Fuente: Empresa IFM SAC.

Tabla 9. Descripción del actual proceso de arenado en IFM SAC.

Descripción del actual proceso de arenado en IFM SAC				
PROCESO	ABASTECIMIENTO DE ARENA	INGRESO DE LA PIEZA	ARENADO	LIMPIEZA DE CUARTO DE ARENADO
				
Descripción	Carguío y llenado de botella de arenado en forma permanente, realizado por un operario botellero	La pieza se descarga del montacargas y se coloca sobre una plataforma rodante e ingresa a cuarto de Arenado	Se realiza la limpieza o preparación de superficie mediante chorro de arena a presión	
PROCESO	OPERACIÓN DE LA COMPRESORA	RESPIRACION DEL OPERARIO ARENADOR	RETIRO DE PIEZA DE CUARTO DE ARENADO	
				
Descripción	Compresorista para la operación y mantenimiento de la compresora	Operario de apoyo para respiración mecánica del arenador y apagar la compresora, así como barrer cuarto de arenado después del proceso.	Se realiza el retiro de la pieza arenada del cuarto de arenado	Luego del arenado se realiza la evacuación de la arena fragmenta diseminada en el cuarto de arenado

Fuente: Elaboración propia, IFM SAC.

2. Parámetros de funcionamiento que permiten realizar el diseño de la planta de granallado en la empresa IFM SAC.

En esta sección se explica los cálculos necesarios para determinar todos los parámetros del sistema de granallado

Compresor

Dada que la presión de aire comprimido requerido es la misma para ambos sistemas (de 50 a 125 psi, o de 3.5 a 8.7 Kg/cm²) y considerando que las plantas de tratamiento de superficies tomadas como referencia para la realización del presente trabajo de investigación utilizan presiones que fluctúan dentro del rango de 90 a 110 psi, tomaremos como base de cálculo 100 psi lo cual equivale a 7 Kg/cm². Asimismo, considerando que dichas plantas utilizan boquillas de arenar de 7/16" de diámetro de la garganta (11.2 mm), tomaremos como base para la selección de la compresora (potencia y producción de aire comprimido, la tabla N° 5.- "Requerimientos de aire comprimido y consumo de abrasivo".

Refrigerador posterior de aire comprimido

Como quiera que nuestro requerimiento de aire comprimido varía de 7.84 a 10.68 m³/min, a 100 psi (7 bar), o sea 470 a 641 m³/h, seleccionamos un refrigerador posterior de aire comprimido tipo CA- 7, marca Pneumatech con las siguientes características:

- Flujo de aire máximo: 774 m³/h,
- Ventilador eléctrico de 630 mm de diámetro, 370 w,
- Altura: 1325 mm.
- Ancho: 1130 mm.
- Fondo: 490 mm.
- Peso: 61 Kg.

Seleccionamos para una boquilla de 7/16", 100 psi de presión: un compresor de 254 CFM, 1584 lb/hora de consumo de abrasivo y una potencia de compresor

de 57 hp.

Filtro de aire comprimido

En nuestro caso específico para un flujo de 120 l/s (254 CFM), una presión de 7 bar, seleccionamos un filtro marca Atlas Copco, de la serie PD (+) de 170 l/s (360 CFM), coalescente de aceite de alto rendimiento, el cual se monta luego del refrigerador posterior, antes del acumulador de aire comprimido.

Tanque de almacenamiento de aire comprimido

Para un compresor de menos de 100 hp de potencia nominal (75 hp) de tornillo, 377 p3/min, los ciclos de carga serán: 36 ciclos / hora, es necesario calcular y seleccionar correctamente el tanque acumulador,

Para calcular el consumo efectivo de aire, será necesario considerar el factor de carga, factor de pérdidas y necesidades futuras (Carnicer Royo, 1977).

El factor de carga (fc) viene expresado por la relación entre el consumo real (Cr) y el consumo máximo de aire a plena carga (Cm)

Como quiera que el compresor no es capaz de ajustar por si solo los ciclos de carga-descarga, es necesario considerar un ajuste de presión al control del compresor, cuyo valor será basado en una presión diferencial de 15 psig (aproximadamente 1 bar).

Tomando los siguientes datos reales de planta, se tiene:

VR = Incógnita [m³]

V1 = Flujo de aire del compresor 10.68 m³/ min es 640.8 m³/hora

V2 = Demanda de aire de la planta [m³ /h]

= 254 CFM x 1.20 x 60 M/hora

= 18,288.0 p³/hora

$$= 517.86 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Z = Número de ciclos carga – descarga permitidos por hora del compresor.= 36 ciclos/hora

Dp = Diferencial de presión del compresor [bar]

$$= 15 \text{ psig}$$

$$= 1 \text{ bar (asumido por aproximación)}$$

$$DF = 517.86 \text{ m}^3/\text{hora} / 640.8 \text{ m}^3/\text{hora} = 0.808$$

Reemplazando datos en (1), se tiene:

$$VR = 604.8 \text{ m}^3 \times (0.808 - 0.653) / 36 \times 1 \text{ m}^3 = 2.604 \text{ m}^3$$

(Volumen del tanque acumulador)(3)

De la fórmula de cálculo de volumen de un cilindro:

$$VR = \pi(D^2)/4 \times H \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

VR = Volumen real del tanque en [m³]

D = Diámetro del tanque [m]

H = Altura del tanque [m]

Asumiendo que la altura del tanque vertical es 2.25 veces el diámetro, se tiene que:

$$H = 2.25 D \dots\dots\dots(5)$$

Reemplazando (4) en (3):

$$VR = 2.25 \pi D^3 / 4 \dots\dots\dots(6)$$

Reemplazando datos de (3) (4) (5) en (6):

$$2.604 \text{ m}^3 = 1.767 D^3$$

$$D = (1.474 \text{ m}^3)^{1/3}$$

$$D = 1.14 \text{ m (diámetro)}$$

Reemplazando datos en (5):

$$H = 2.57 \text{ m (altura)}$$

Botella o tolva de granallado

Para una operación de 8 horas diarias continuas), una presión de trabajo de 100 psi y un diámetro de boquilla de 7/16", considerando que la granalla sufre 8 golpes por día, en total 480 golpes en dos meses, para una carga de botella de 718.4 Kg, se tiene un requerimiento diario de 5,747.2 Kg, es decir un volumen de 1.437 m³ de granalla considerando para ésta una densidad de 4000 Kg/m³, debiendo considerarse una merma diaria de 2.%.

Es necesario que la tolva posea controles de abrasivos como: corte de flujo de abrasivo, control automático de flujo de abrasivo desde el extremo de la boquilla de granallado/arenado, sistema hombre muerto.

Para una boquilla N° 7 (7/16"), una carga de 1584 lb/hora de granalla, para una tolva de doble cámara se requiere:

- Número de Cámaras de botella de arenar: doble,
- Presión de trabajo: de 7 Kg/cm² hasta 10 Kg/cm²,
- Capacidad de carga por cámara: 800 Kg de granalla (200 Kg de arena).
- Trabajo continuo con una o dos boquillas N° 7 (7/16").

De acuerdo con la tabla anterior N° 6, el modelo de tolva de arenado que satisface las necesidades de IFM S.A.C., es el CY500-2 del fabricante CYM Materiales S.A. o similar, siendo las características resultantes las siguientes:

- Diámetro: 1000 mm.
- Altura: 1700 mm
- Peso: 400 Kg.
- Presión de trabajo: de 7 Kg/cm² hasta 10 Kg/cm²,
- Capacidad de carga por cámara: 800 Kg de granalla (200 Kg de arena).
- Trabajo continuo con una boquilla N° 7 (7/16”).
- Autonomía: 55 minutos para una boquilla y 23 minutos para dos boquillas.

Boquilla

La boquilla de granallado se alimenta de la mezcla de granalla metálica con aire comprimido entre 90 a 110 psi, el cual proviene del tanque de acumulación de aire comprimido suministrado por la compresora. La velocidad del abrasivo proyectado es de 65 a 110 m/s.

Seleccionando una boquilla de venturi largo de 7/16” (11.2 mm), las características de la boquilla obtenida serán:

- Número de boquilla: 7
- Diámetro de la garganta es 7/16” (11.2 mm).
- Núcleo de carburo de tungsteno.
- Diámetro de la entrada: 32 mm.
- Longitud 200 mm.

- Rosca gruesa de 50 mm (2”).
- Protector de aluminio.
- Peso= 1.00 Kg.

Cuarto de Granallado

Como un dato práctico, es necesario considerar en el plano horizontal 1.600 m de espacio alrededor de la pieza máxima de trabajo, con la finalidad de que el operario de granallado tenga la libertad de movimiento para la ejecución de su

Considerando como pieza máxima de trabajo una tubería de 2.4 m de diámetro x 8.0 m de largo, se requeriría un cuarto de granallado de 5.600 m de ancho x 11.200 m de largo x 4.000 m de altura, dimensiones que son menores a las del cuarto de arenado existente en IFM S.A.C. y satisfacen los requerimientos dimensionales.

En conclusión las medidas interiores del cuarto de granallado, del presente trabajo de investigación serán 9.00 m de ancho x 12.90 m de largo x 5.00 m de altura ($580.5 \text{ m}^3 = 20,500 \text{ p}^3$).

El cuarto de granallado del SIMA Chimbote tiene como dimensiones 6.00 m de ancho x 13.20 m de largo x 7.50 m de altura, lo cual equivale a ($594 \text{ m}^3 = 20,977 \text{ p}^3$).

La evacuación máxima de volumen de aire contaminado de la cámara de granallado del SIMA Chimbote es de 16,000 CFM , lo cual representa el 76.27 % del volumen total de aire de la cámara de granallado ($20,977 \text{ p}^3$). Para ello el SIMA utiliza un motor eléctrico de 40 HP, 1800 RPM.

Carro transportador de estructuras a granallar.

Es un carro provisto de ruedas carrileras construido en base a perfiles “U” de acero estructural con una altura de plataforma de 600 mm x 1700 mm de ancho x 2500 mm de largo, que se desplaza longitudinalmente sobre rieles y sirve de soporte para las piezas, componentes y equipos a granallar.

Transportador helicoidal

Para el cálculo y selección de nuestro transportador helicoidal tenemos los siguientes datos:

- Capacidad de extracción requerida: 1600 Kg/hora.....(7)

- Densidad de la granalla: 4,000 Kg/m³(8)

- m³ de granalla requeridos por hora (Q)

$$Q = A/B \dots\dots\dots (9)$$

Reemplazando datos de (1) y (2) en (3), tenemos:

$$= 1600/4000 \text{ m}^3/\text{ hora}$$

$$= 0.400 \text{ m}^3/\text{ hora} = 14.13 \text{ p}^3/\text{ hora}$$

- p³ requeridos por cada revolución del helicoidal = 14.13 /30 p³/ rev.

$$= D = 0.471 \text{ p}^3/\text{ rev}$$

- N = RPM del helicoidal requerido: 30 RPM

Tomando como referencia el “Cálculo de Transportadores de Tornillo Sin Fin” seleccionamos un transportador del tipo Tornillo Sin Fin de Hélice Helicoidal de las siguientes características:

- Hélice: continua,
- Paso de hélice: normal igual al diámetro indicado para transporte de sólidos,
- Carcaza: de acero estructural con un espesor de 4 mm.
- Grupo motriz: Motor-reductor
- Diámetro del tornillo: 200 mm.
- Clase de material: V (materiales abrasivos)
- Velocidad de giro del tornillo máxima recomendada para materiales pesados. N = 30 RPM

De la fórmula de potencia total requerida

$$P_H = C_o \cdot Q \cdot L / 367 \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

P_H = Potencia total requerida (Kw)

Q = Flujo de material transportado (t/h) = 1.6 t/h

C_o = Coeficiente de resistencia= 4 (para granalla, en nuestro caso)

L= Longitud del transportador en m. = 8 (en nuestro caso).

Considerando un coeficiente de relleno de 0.125 y el coeficiente de resistencia del material del material transportado de (4):

Reemplazando datos en (4), se obtiene:

$$P_H = 4 \times 1.6 \times 8.5/367 \text{ (Kw)}$$

$$= 0.148 \text{ Kw}$$

$$= 0.20 \text{ hp}$$

Dado el caso que para un transportador de tornillo sin fin de las características anteriormente mencionadas su capacidad de transporte supera los 10 m³/ hora helicoidal y el flujo de material a transportar es 0.216 m³/ hora, el transportador seleccionado cumple lo requerido.

Elevador de cangilones

Nuestro transportador de cangilones debe contar con una capacidad de elevación y descarga de 1,600 Kg/hora y será con un sistema de correas.

Por la separación entre cangilones el sistema se denomina:

- De cangilones continuos, cuando no hay separación entre ellos.
- De cangilones discontinuos, cuando existe separación.

Para que la capacidad de elevación del transportador de cangilones sea satisfactoria, es necesario seleccionar adecuadamente el tipo y dimensiones de los cangilones, así como la velocidad de elevación, la cual deberá estar comprendida dentro del rango de 1.15 a 1.5 m/s, pudiendo tomarse para el diseño y selección 1.25 m/s como velocidad media.

Para seleccionar el elevador de cangilones se va a utilizar en éste caso usaremos como referencia el catálogo de productos de la empresa "Sweet Manufacturing Company"

https://www.sweetmfg.com/sites/default/files/201612/Sweet_Brochures_Spanish_final.pdf.

Clasificador de limpiador de granallado

Para implementar el limpiador de granalla requerido, recurrimos al catálogo de la empresa Blasting S.A.-Limpiadores de granalla y seleccionamos el Limpiador de

Granalla modelo 800NR, el cual tiene las siguientes características:

Tabla 10. Características Limpiador Granalla modelo 800 NR

Modelo	Uso	N° cartuchos	Elevador de cangilones	Tipo de tamiz	Potencia instalada (hp)	Producción (T/hora)
800 NR	Cuarto su obra	1	Sí	No rotativo	3.5	8

Fuente: *Blasting S.A.*

El equipo anteriormente especificado presenta las siguientes bondades:

- Produce el volumen de abrasivo requerido.
- Permite la recarga del abrasivo directamente al tanque de presión.
- El abrasivo es elevado desde la tolva de entrada, por el transportador de cangilones para alimentar el separador de granalla.

La granalla limpia es almacenado en una tolva o de lo contrario se carga a la botella de arenar/granallar mediante la apertura de una válvula de paso.

Recolector de polvos

Del catálogo de Filtros recolectores de polvos de la empresa Blasting S.A, para un caudal promedio de extracción de 360 m³/min, una potencia de extractor de aire de 50 hp podemos seleccionar las características más importantes del colector de polvos para el Sistema^o de Preparación de Superficies mediante Granallado para IFM S.A.C. y que son las siguientes:

- Tipo de Colector: Pulse Jet - Limpieza por pulso de Aire Comprimido
- Tipo de Contaminante a Filtrar Polvo de Granallado
- Tipo de Cartucho: de poliéster.
- Cantidad de Cartuchos:36 piezas.
- Área de Filtrado por Cartucho: 7.5 m².
- Área de Filtrado Total: 270 m².

- Colección de Polvo: mediante Tolva.
- Inclinación de Tolva 60 Grados
- Tipo de Construcción Modular / Empernada
- Presión del Aire Comprimido de Limpieza 90 a 100 psi
- Electro válvulas de Limpieza: 18 piezas.
- Sistema de limpieza: Automático.
- Controlador de limpieza
- Manómetro diferencial de Presión
- Plataforma para puerta de filtros/electroválvula
- Válvulas Rotativas
- Potencia de Válvulas Rotativas
- Dámper tipo cuchilla en Tolva de Descarga
- Cilindro de Colección de Polvo
- Conexión Flexible a la Descarga de la Tolva
- Válvula Reguladora de Presión con Filtro

Extractor de aire centrifugo

Las características que debe cumplir el ventilador requerido para éste caso son:

- Presión Estática: 16" de H₂O (Debe ser suficiente para garantizar una succión eficiente).
- Flujo de Aire 16,000 CFM.
- Tipo de Fluido a Extraer: Aire Limpio.
- Régimen de Trabajo: Continuo-Pesado

3. Selección de los equipos electromecánicos del sistema de granallado

En esta sección está destinada a la selección de los equipos que van a formar parte del sistema de granallado. Asimismo, se menciona que se realizó una inspección de los equipos existente del sistema de arenado, con la finalidad de seleccionar cuales pueden ser utilizados en el nuevo sistema.

Se determinó a través del diseño y análisis de ingeniería que es factible el aprovechamiento de los equipos existentes en el sistema de arenado para ser utilizados en el nuevo sistema de granallado en IFM S.A.C (Ver tabla N° 11).

Tabla 11. Equipos e Instalaciones existentes IFM S.A.C versus faltantes para Sistema de Granallado

N°	Descripción	Sistema arenado	Sistema granallado
1	Compresor	E	E
2	Refrigerador posterior de aire comprimido.	E	E
3	Filtro de aire comprimido.	E	E
4	Acumulador/tanque almacenamiento de aire comprimido.	E	E
5	Botella o Tolva de arenado	E	E
6	Boquilla de arenado de proyección de abrasivo	E	E
7	Cuarto de granallado.	E	E
8	Carro transportador de carga para granallado	E	E
9	Captador de polvo -ductos		F
10	Extractor de aire centrífugo		F
11	Colector de polvo (dust collector).		F
12	Transportador helicoidal		F
13	Elevador de cangilones		F
14	Clasificador-Limpiador de granalla		F
15	Receptáculo de polvos		F
16	Forrado paredes con planchas jebe alta resistencia.		F
17	Instalaciones eléctricas e iluminación.	E	E/F

LEYENDA:

E = Existente

A continuación, se mencionan los equipos seleccionados para el nuevo sistema

Tabla 12. Equipos e Instalaciones existentes y reutilizables en IFM S.A.C

N°	Descripción
1	Compresor (90 a 110 psi)
2	Refrigerador posterior de aire comprimido. (Tipo Ca-7 de 774m ³ /s)
3	Filtro de aire comprimido. (Atlas Copco 170 l/s)
4	Acumulador/tanque almacenamiento de aire comprimido. (D=1.14m , H= 2.57m)
5	Botella o Tolva de arenado CY500-2
6	Boquilla de arenado de proyección de abrasivo (N ^o 7 – 7/16")
7	Cuarto de granallado. (9mx12.90mx5m)
8	Carro transportador de carga para granallado (U de 600mmx 1700mm x 2500 mm)

Tabla 13. Costos por adquisición de equipos y otros para sistema de granallado completo para 01 operario, con sistema hombre muerto o de control automático para 01 boquilla

IT	Descripción	Valor(\$)
1	Sistema completo de extracción de polvos centrifuga de mangas, de 30 Hp, incluido ductos, 36 filtros de mangas, 3 campanas de extracción con sistema pulso-jet semi automático de limpiezas sobre las mangas. Incluido ciclo colector	19900.00
2	Elevador de cangilones (1600 kg/h – 1.25 m/s)	39990.00
	Limpiador de granalla (800 NR)	
	Filtro extractor de polvos del limpiador de granalla	
	Tablero de mando eléctrico para el encendido, manipulación y apagado de todo el sistema de granallado	
	Transportador de tornillo sin fin (10 m ³ /h)	
3	Sistema de reutilización y recojo de granalla semi automatizado tipo T 01 gusanos Sin fin o transportador helicoidal de 11m a lo largo del cuarto con motor de 3 Hp a 60 Rpm de 8" de diámetro, (va en piso de cabina de granallado).	12000.00
	Costos de equipos a adquirir	71890.00

Fuente: Propia

4. Realización de una evaluación económica, mediante los indicadores Van y Tir.

Presupuesto del nuevo sistema.

Se determinó a través del cálculo de costos y cotizaciones que la implementación del nuevo sistema de preparación de superficies mediante granallado requerirá una inversión de \$ 91890.00 (Dólares USA).(Ver tabla N° 07)

Tabla 14. Costo faltante *Equipos e Instalaciones existentes IFM S.A.C*

N°	Descripción	Sistema arenado	Sistema granallado	Valor (\$)
1	Compresor	E	E	
2	Refrigerador posterior de aire comprimido.	E	E	
3	Filtro de aire comprimido.	E	E	
4	Acumulador/tanque almacenamiento de aire comprimido.	E	E	
5	Botella o Tolva de arenado	E	E	
6	Boquilla de arenado de proyección de abrasivo	E	E	
7	Cuarto de granallado.	E	E	
8	Carro transportador de carga para granallado	E	E	
9	Captador de polvo -ductos		F	71,890.00
10	Extractor de aire centrífugo		F	
11	Colector de polvo (dust collector)		F	
12	Transportador helicoidal		F	
13	Elevador de cangilones		F	
14	Clasificador-Limpiador de granalla		F	
15	Receptáculo de polvos		F	
16	Forado paredes con planchas jebe alta resistencia.		F	5000.00
17	Instalaciones eléctricas e iluminación.	E	E/F	5000.00
18	Otros e imprevistos		F	10000.00
	Total costo de faltante			91890.00

LEYENDA: E = Existente, F = Faltante

Se determinó el costo de anual de abrasivo, tanto para el sistema actual de arenado, como granallado. (Ver tabla N° 15).

Tabla 15. Costo anual de abrasivo

Concepto	Arena	Granalla metálica
Abrasivo proyectado ©	320 Kg	800 Kg
Costo de abrasivo (Pa)	0.03 \$ / Kg	1.00 \$ / Kg
Factor de reciclado (R)	1 golpe	500 golpes
Costo por hora de trabajo	320x0.03/1 = 9.6 \$/h	800x1/500= 1.6 \$/h
Por m ² de superficie	9.6 \$/h/15 m ² /h = 0.64 \$/ m ²	1.65\$/h/15 m ² /h = 0.10 \$/ m ²
m ² de preparación de superficie requeridos anualmente	43200 m ²	43200 m ²
Costo anual abrasivo (\$)	27,648.00 \$ / Año	4320.00 \$ / Año

Fuente: Información técnica Blasting S.A.

Se determinó el beneficio generado por el ahorro de abrasivo (B₁) con el nuevo sistema de granallado (B₁), sería:

$$B_1 (\$/Año) = 27,648.00 (\$/Año) - 4,320.00 (\$/Año) = 23,328.00 (\$/Año).$$

Se determinaron los Indicadores de rentabilidad económica de la inversión:

a. Relación Beneficio/Costo de la Inversión.

Permite comparar el valor actual de los beneficios (VAB) con el valor actual de los costos del proyecto (VAC) y la inversión inicial (I)

$$B/C = \left(\sum_{j=0}^n \frac{B_j}{(1+r)^n} \right) / \left(\sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+r)^n} \right) \dots\dots\dots(11)$$

Donde:

VAB= B: Beneficios

VAC= C: Costos

n= Horizonte de evaluación =4

r = 0.1056 (*) (tasa interés de créditos bancarios en dólares USA=10.56 %).

Tabla 16. Beneficio vs costo de inversión

Año	Inversión	INGRESOS			COSTOS			Flujo neto efectivo (FNE)
		Ingresos	Factor	B Presente	Costos	Factor	C Presente	
0	91,890.00	0			0			-91,890.00
1		66,140.00	/(1+0.1056)	59,822.72	39507.5	/(1+0.1056)	37,928.18	
2		66,140.00	/(1+0.1056) ₂	54,108.83	39507.5	/(1+0.1056) ₂	34,305.52	
3		66,140.00	/(1+0.1056) ₃	48,940.69	39507.5	/(1+0.1056) ₃	31,028.87	
4		66,140.00	/(1+0.1056) ₄	42,266.18	39507.5	/(1+0.1056) ₄	28,065.19	
		264,560.00		205,138.42	158,030.00		131,327.76	

*Fuente: Revista Gestión -Tasa de interés de créditos comerciales (09-12-2020)

De la fórmula (11), se determina que la relación Beneficio/Costo es:

$$B/C = 205,138.42 / 131,327.76$$

$$B/C = 1.5620 > 1.000$$

Como quiera que la relación B/C > 1

El proyecto es recomendable

b. Periodo de Retorno de la Inversión (PB = pay back)

Es el número de años de recuperación de la inversión inicial.

El proyecto rentable si el periodo de retorno de la inversión, es menor que el 50 % de la vida útil estimada del proyecto (10 años).

Está determinado por la fórmula siguiente:

$$PB = \frac{I}{A_t - CO_t} \dots\dots\dots(12)$$

Donde:

I: Inversión inicial (\$)

A_t : Ingresos o ahorro anual (\$)

CO_t : Egresos por costos de operación y mantenimiento (\$)

Tabla 17. *Periodo de retorno de la inversión (PB)*

Año	Inversión inicial	Ahorro (A) (Ingresos)	Egresos por operación y mantenimiento (CO)	(A-CO)	PB = (I/ (A-CO))
0	91,890.00	0.00	0.00		
1		66,140.00	16,535,00	49,605.00	
2		66,140.00	16,535,00	49,605.00	
3		66,140.00	16,535,00	49,605.00	
4		66,140.00	16,535,00	49,605.00	
	91,890.00	264,560.00	66,140.00	198,420.00	0.46

El periodo de retorno de la inversión (PB) es de cuatro (04) años (< 10 años) , por lo que el proyecto es altamente rentable.

c. Valor Actual Neto (VAN)

Es el valor presente de los beneficios netos que genera un proyecto a lo largo de su vida útil, descontados a la tasa de interés que refleja el costo de oportunidad que para él o la inversionista tiene el capital que planea invertir en el proyecto.

El VAN se expresa como:

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^n \frac{FC}{(1+r)^n} \dots\dots\dots(13)$$

Donde:

I = Inversión Inicial (activos, materiales, capital de trabajo, etc)

FC = Flujo de caja

r = Tasa de Descuento (tasa de oportunidad de capital (COK)=10.56%

La rentabilidad económica del proyecto se determina como sigue:

Si

- VAN < 0 : El proyecto no es rentable.
- VAN = 0: La rentabilidad económica es indistinta, es decir no producirá pérdidas ni ganancias..
- VAN > 0 : El poyecto es rentable

El flujo de caja (FC) está dado por:

$$FC = A_t - CO_t \dots\dots\dots(13)$$

Donde:

A_t : Ingresos en cada periodo de tiempo analizado.

CO_t : Egresos por operación y mantenimiento en cada periodo de tiempo analizado.

En la tabla N° 13 se puede apreciar el VAN-Beneficios versus costos de la inversión, para un periodo de recuperación de cuatro (04) años.

Tabla 18. VAN - Beneficios versus costos (\$) de la inversión

Año	Inversión	INGRESOS			COSTOS			(I - C) / (1+r) ⁿ
		Ingresos	(1+r) ⁿ	I / (1+r) ⁿ	Costos	(1+r) ⁿ	C / (1+r) ⁿ	
0	91,890.00	0.00			0.00			
1		66,140.00	/(1+0.1056)	59,822.72	16,535,00	/(1+0.1056)	14,955.68	44,867.04
2		66,140.00	/(1+0.1056) ²	54,108.83	16,535,00	/(1+0.1056) ²	13,527.21	40,581.62
3		66,140.00	/(1+0.1056) ³	48,940.69	16,535,00	/(1+0.1056) ³	12,235.17	36,705.52
4		66,140.00	/(1+0.1056) ⁴	42,266.18	16,535,00	/(1+0.1056) ⁴	11,066.55	31,199.63
		264,560.00		205,138.42	66,140.00		51,784.61	153,353.81

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^n \frac{FC}{(1+r)^n}$$

Reemplazando datos:

$$\begin{aligned} VAN &= -91,890.00 + 153,353.81 \\ &= 61,463.81 \end{aligned}$$

$VAN > 0$

Por lo tanto el proyecto es RENTABLE

d. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se define como la tasa de descuento máxima a la que es posible endeudarse para financiar un proyecto sin que éste genere pérdidas.

La Tasa Interna de Retorno de un proyecto mide la rentabilidad promedio anual que genera el capital invertido. Se entiende

La TIR es aquella tasa de interés con la que el Valor Actual Neto es igual a cero.

La fórmula es la siguiente y es similar al VAN:

$$VAN = 0 = -I + \sum_{j=1}^n \frac{FC}{(1+TIR)^n} \dots\dots\dots(14)$$

Si:

TIR > tasa de descuento (r) : El proyecto es aceptable

TIR = tasa de descuento (r) : El proyecto es postergable.

TIR < tasa de descuento (r) : El proyecto es rechazable o no aceptable.

De la tabla N° 15, y fórmula 18, si VAN=0, entonces:

$$0 = -91,890 + 44,867.04 / K + 40,581.62 / K^2 + 36,705.52 / K^3 + 31,199.63 / K^4$$

Donde:

$$K = 1 + TIR \dots\dots\dots(15)$$

Resolviendo (19):

$$0 = -91,890 K^4 + 44,867.04K^3 + 40,581.62 / K^2 + 36,705.52 K + 31,199.63$$

$$K = -0.6182 \dots \dots \dots (a)$$

$$K' = 1.26005 \dots \dots \dots (b)$$

Reemplazando (b) en (15):

$$1.26005 = 1 + TIR$$

$$TIR = 0.2600 = 26.00 \% > 10.56 \%$$

: El proyecto es ACEPTABLE o RENTABLE

Se determinó a través de los indicadores económicos VAN y TIR que el proyecto es rentable. Se determinó que el tiempo de recuperación de la inversión es de cuatro (04) años.

El proyecto rentable si el periodo de retorno de la inversión, es menor que el 50 % de la vida útil estimada del proyecto (10 años).

V. DISCUSIÓN

1. Habiendo realizado el diseño de la planta de granallado se contempló un sistema extractor de aire contaminado con polvo dentro de la cámara de granallado y un clasificador de granalla para lograr así una correcta clasificación de la granalla utilizada, separando los finos inservibles y reutilizando la granalla útil al ser reincorporada al circuito de trabajo, así es como el autor Torres (2013), plantea en su tesis que estos sistemas son de suma importancia ya que sin estos no se podría alcanzar un nivel óptimo en la reutilización de la granalla y mucha de esta se desperdiciaría, también propone que la utilización de granalla esférica se reduce la obstrucción de la manguera transportadora. Sin embargo, en casos de preparación superficial (granallado) del acero, es muy importante utilizar granalla angular, ya que con ésta se obtienen las entallas y rugosidad requerida de la superficie, para un buen anclaje y rugosidad de la superficie para la aplicación del recubrimiento protector o pintura base.
2. En una comparación entre el sistema actual de arenado y el granallado se puede deducir que la limpieza mediante chorro abrasivo de la granalla es mucho más limpia que el arenado ya que al tener una forma angular el impacto consigue una mayor uniformidad en la limpieza y la granalla se fragmenta mucho menos que la arena y por lo tanto su degradación es no significativamente frente a la arena sílice, contaminando menos la superficie a limpiar y generando una polución del aire casi nula comparada con la que genera la arena, así como el autor Sajmolo (2012), que en su tesis concluyó que las características y propiedades de los materiales abrasivos de su

estudio, la escoria logro resultados más favorables que la arena como mayor tamaño de los granos, y que esto permite limpiar la superficie más rápido; ya que la mata de níquel al ser más pesada que la arena golpea con más energía y logra una superficie más uniforme; y que esta es tres veces más resistente al ser expuesta en la intemperie; y sin hidrocarburos que afecten la superficie.

3. El tiempo en la preparación de las distintas superficies disminuye ya que la granalla necesita una menor cantidad de impactos con relación al arenado, el cual requiere mayor número de pasadas. Aparte que la polución que genera la arena dentro de la cámara de arenado genera un ambiente lleno de polvo, el cual no permite una buena visibilidad del operador. Sajmolo (2012) en el que nos dice que al utilizar la escoria de mata de níquel esta logra una reducción de mitad del tiempo de limpieza de la superficie en la que se va aplicar el recubrimiento en comparación con el de la arena de río, y también por metro cuadrado de superficie granallado requiere tres veces menos material, lo cual puede interpretar como una mayor optimización de los recursos materiales, equipo y humano.
4. En cuanto a los parámetros de funcionamiento es importante tener en cuenta lo que vendría a ser el Angulo de incidencia, la presión de disparo de la granalla y la distancia mínima a la que debe disiparse la granalla con estos tres parámetros se logra conseguir una superficie más uniforme, con mejor rugosidad y entallas, lo cual trae como consecuencia que la capa base de anticorrosivo que utilizemos se pueda adherir mejor, caso específico de las

pinturas base, tal y como Belloso (2014) en su tesis donde determino que la deflexión si es causada por el Angulo de disparo y la presión.

5. El mantenimiento del equipo de granallado debe realizarse periódicamente ya que con esto lograremos garantizar que el equipo tenga vida útil del diseño y se pueda realizar los procesos con normalidad y sin retrasos en los tiempos de preparación de superficie Belloso (2014), nos dice que se debe realizar revisión antes de cada proceso, revision de las mangueras de aire comprimido, revisión de filtros, tornillos transportadores helicoidales, cangilones, revisar los niveles de aceites lubricantes realizar una limpieza externa del equipo antes y después de cada trabajo, y realizar un mantenimiento preventivo cada 90 horas de funcionamiento.
6. El sistema de granallado trae consigo no solo beneficios económicos y de acabados sino también reduce en gran medida la contaminación del aire por polución que genera el arenado haciendo la visibilidad de la superficie arenar casi nula, cosa que no ocurre con la granalla. No hay que pasar por desapercibido que el sistema de arenado genera una alta polución y en comparación con la arena se destruye con uno o dos golpes como máximo no siendo reciclable. En tanto que la granalla si es reutilizable, tal y como Fernández (2015) en su tesis nos dice que el consumo del granallado es 100 veces menor que el arenado
7. El granallado genera un gran beneficio en el tiempo de producción y también una gran reducción de costo por metro cuadrado de preparación de superficie. El costo de granallado resulta \$ 0.10/m², mientras que el arenado representa \$ 0.65/m². En su tesis Fernández (2015), plantea los beneficios

de tiempos y costos al realizarse el granallado en cuarto cerrado y sin que esto afecte a las empresas contiguas o la comunidad de los alrededores.

8. La construcción del cuarto de granallado en el Perú, conjuntamente con algunos equipos considerados es mucho más económico que importarlos del extranjero ya que al ser importados requieren pagar impuestos y seguros, así como gastos de importación, Fernández (2015), en su tesis nos dice que el tiempo de importación puede llegar a ser el mismo o incluso mayor al que se tomaría la fabricación en el país.

9. Se pueden aprovechar los componentes físicos del actual sistema de arenado que deben ser adecuados al sistema de granallado y que son: compresora de aire, refrigerador de aire comprimido, filtro de aire comprimido, acumulador de aire comprimido, botella de arenar, boquilla de granallar, carro transportador de carga, mangueras, válvulas, accesorios, cuarto de arenado, sistema de iluminación.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó en el proceso actual de preparación de superficies mediante arenado que actualmente desarrolla IFM S.A.C., los equipos, máquinas e instalaciones existentes trabajan indistintamente del uso de cualquier tipo de abrasivo, por lo que las condiciones son favorables para que pueda ser fácilmente sustituido por el proceso de granallado (Shot blasting).

Al término de la recolección de datos denominada "Reporte Diario de Producción-Tratamiento de Superficies", se determinó que el proceso actual de preparación de superficies mediante arenado que desarrolla IFM S.A.C., nos permite arenar 72 m² de superficie preparada casi al blanco en una jornada de trabajo de 8 horas, con un despliegue de gran esfuerzo físico para los trabajadores, al tener que llenar continuamente la tolva de arenado y la poca visibilidad que genera la polución de partículas de arena dentro del cuarto de granallado. Lo cual constituye una condición base favorable y confiable 100 % para la implementación de un sistema de granallado en IFM S.A.C.

Lo anterior nos brinda una información precisa para el dimensionamiento del sistema de granallado, el cual cubrirá una demanda de producción de 100 m² de superficie preparada casi al blanco en una jornada de trabajo de 8 horas.

2. Los parámetros de funcionamiento del nuevo sistema de granallado en IFM S.A.C. son los más adecuados y se basaron en los requerimientos de la empresa y normas vigentes.
3. La selección y el diseño de los componentes del sistema de preparación de superficies mediante granallado, se realizó tomando como base la demanda diaria de preparación de superficies, mediante cálculos de ingeniería, libros, catálogos, fichas técnicas fiables y considerando que muchos equipos trabajan indistintamente del uso de cualquier tipo de abrasivo, por lo que las condiciones son favorables para que pueda ser fácilmente sustituido por el proceso de granallado (Shot blasting).

- .
4. Se realizó la evaluación económica, mediante los indicadores VAN y el TIR. Se determinó a través del cálculo de costos y cotizaciones que la implementación del nuevo sistema de preparación de superficies mediante granallado, de acuerdo con los indicadores económicos siguientes es factible y rentable:

La relación Beneficio/Costo es 1.56 (>1.00), el Valor Actual Neto (VAN) es 61,463.81 (>0). La Tasa Interna de Retorno (TIR) es 26.00% (> 10.56 %).

El Tiempo de recuperación de la inversión es de cuatro (04) años.

VII. RECOMENDACIONES

1. En caso de sustituir equipos de fábrica o marca con equipos fabricados en IFM S.A.C.se recomienda hacer uso de los planos e información de los mismos. Caso no contar con detalles específicos realizar la elaboración de los planos de detalle respectivos.
2. Realizar un cronograma de actividades de acuerdo a la secuencia de labores necesarias para lograr la implementación del sistema de granallado en un plazo de nueve (09) meses; por lo que se recomienda el control permanente del desarrollo y en caso de variar la ejecución de alguna actividad realizar la reprogramación correspondiente.
3. Es necesario realizar capacitar a los operarios del nuevo sistema de granallado, así como al personal de mantenimiento y seguridad industrial , enfatizando las precauciones que deben tener en el sistema, y los parámetros de funcionamiento como el trabajo con recipientes a presión , limpieza de superficies mediante chorro abrasivo de la granalla a alta presión, la presión a la que debe trabajar el sistema y la distancia a la que se debe aplicarse la granalla, el manejo de sustancias peligrosas como lubricantes, material abrasivo, equipos de alta presión y equipos energizados.
4. Tener en cuenta las medidas de seguridad que se deben, aunque estas no son estudiadas en las tesis los operarios deben estar correctamente con sus Epps, y debe ser obligatorio portar con estos para el ingreso al cuarto de granallado, también el cuarto de granallado deberá estar correctamente señalado indicando que epps deben portarse y los peligros que se pueden encontrar a fin de evitarlos.
5. Si bien es cierto el grado de polución con el sistema propuesto disminuirá significativamente, subsistirán otros riesgos como son de reducción de capacidad auditiva, daños a la vista, golpes, atrapamientos, impacto por material abrasivo a alta velocidad y presión, trabajo con equipos energizados, etc, es recomendable el uso obligatorio de equipos de protección personal por parte de todo el personal que participe en el proceso de granallado, así como aplicar las medidas de control necesarias a fin de eliminar o minimizar riesgos.

REFERENCIAS

- Belloso, W. y Flamenco, I (2014).** Diseño y construcción de un sistema semiautomático de granallado para uso didáctico. Universidad de El Salvador, 2014. Recuperado de: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5472/>
- Carnicer, E. (1977).** Teoría y Cálculo de Instalaciones de Aire Comprimido, Barcelona: Editorial Gustavo Gili
- Fernández, A. (2015).** Diseño de una recámara para el proceso de granallado de vigas metálicas. (Tesis para título profesional, Escuela Superior Politécnica del Litoral.). Recuperado de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/32323>
- Gorka, R. (2014).** Alivio de Tensiones residuales: Tratamiento Térmico Vs Vibración, Universidad Pública de Navarra. Recuperado de: <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/13684>
- Medina, C. (1990).** Diseño de una máquina arenadora para pequeñas piezas. Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2470>
- Torres, S. (2013).** “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”. Universidad de las Fuerzas Armadas, Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Samojlo, J. (2012).** “Uso de la escoria de mata de níquel como material abrasivo en el proceso de limpieza por el método de sandblasting, para estructuras metálicas, Universidad de San Carlos de Guatemala Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3397_C.pdf

BLASTING. (s.f.). Tratamiento de aire comprimido. Recuperado el 11 de 06 de 2015, de Blasting S.A. Información Técnica:

http://www.blasting.com.ar/granalladoras/informaciontecnica/informes/Tratamiento_del_aire_comprimido.pdf

Del Pozo Barrezueta, H. E.

(2010). Ordenanzas Municipales. Registro Oficial Organo del Gobierno del Ecuador.

KAESER. (2003). Técnica de aire comprimido- Kaeser . Recuperado el 15 de junio 2,010, de <https://ar.kaeser.com/download.ashx?id=tcm:42-5981>

Pirelli. (s.f.). Manual de cálculo de cintas transportadoras. Buenos Aires.

Tapco. (2006). Guía de productos Tapco. Missouri, USA.

ANEXOS

ANEXO N° 1 REPORTE DIARIO DE PRODUCCIÓN-TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

Proyecto:
 N° O.T.:
 Fecha:

Cliente:
 N° Listado:
 Abrasivo:

IT	Descripción Componente/Producto	N° Parte/Pie za	Cant . Pza	ÁREA (m ²)		Observac.
				UNITARI A	TOTA L	

 Jefe de Taller

ANEXO N° 2 REGISTRO DE HUMEDAD RELATIVA

N° REGISTRO
 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
 UTILIZADO:
 CÓDIGO DE
 INSTRUMENTO

N°	FECHA	HORA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMP. BULBO SECO (°C)	TEMP BULBO HUMEDO (%)	DIFERENCIA TEMP. (°C)	OBSERVACIONES

 JEFE TALLER

Anexo 03. Cuadro de operacionalización de variables.

VARIABLE	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Valor final
Costos de preparacion superficies VARIABLE DEPENDIENTE	El costo de la preparación de superficies mediante la proyección de chorro abrasivo se calcula por metro cuadrado de preparación de superficies está representado por mano de obra, uso de equipos, y costo de abrasivo.	Para determinar los costos se elaborará una estructura de costos la cual nos permitirá examinar, evaluar y comparar económicamente ambos procesos, mediante la aplicación de indicadores económicos los cuales nos demostrarán la conveniencia de la implementación de un sistema de granallado en IFM S.A.C.	Estructura de costos	Mano de obra	Hh	Cronometro
				Uso de equipos	Horas	Cronometro
				Costo de abrasivo	Kg	Balanza
				Energía consumida	Kw	Medidor de consumo eléctrico
Diseño del Sistema Granallado VARIABLE INDEPENDIENTE	El proceso de preparación de Superficies mediante sistema de granalla, consiste en propulsar aire a alta presión conteniendo partículas de granalla metálica, las mismas impactan sobre la superficie metálica eliminando óxidos, laminillos y materiales contaminantes, así como proporcionando la rugosidad o aspereza metálica requerida para el anclaje del posterior recubrimiento de pintura.	Es el método que permite evaluar cuantitativamente los indicadores de tiempo y recursos existentes y por implementar en la formulación del presente proyecto, tal que permita el diseño .	Formulación del proyecto de investigación	Tiempo programado	Horas	Cronometro
				Presion Diametro de granalla, velocidad de operacion	Pascal Mm M/s	Manómetro Vernier Velocimetro

Fuente: Propia





Anexo 04.

Diseño Colector de polvos y extractor






LISTADO DE MATERIALES





El presente listado muestra los elementos, sus características y cantidades utilizadas para la instalación del colector de polvo y extractor con motor de 40 HP




EXTRACTOR DE POLVO

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Equipo Extractor de Polvo		
	Extractor Centrifugo con entrada de 0.6m de diámetro y una salida de 0.7m x 0.55m	1
Transición		
	Transición metálica de sección rectangular 0.7m x 0.55m con salida cilíndrica de 1.2m de alto x 0.60m de diámetro.	1
Motor Eléctrico		
	Motor eléctrico Marca Weg. Modelo W22, procedencia, Brasil; fabricado el 26/04/13, potencia de 30Kw(40Hp), Voltaje 220/380/440, Amp. 101/58.4/50.4, frecuencia de 60Hz, T 40°C, Peso 206 Kg.	1
Base de Acero para Extractor		
	Base rectangular de acero de 0.535m x 1.140m con 4 parantes de 60cm cada uno y 4 mm de espesor.	1





COLECTOR DE POLVO


ÓTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
<p data-bbox="240 376 564 405">Cabina Colectora de Polvo</p> 	<p data-bbox="639 427 1050 607">Cabina metálica para colector de Polvo de medidas; 1.62m x 2.12m x 2.00m con 4 soportes verticales de 2.00m, puerta de acceso, 24 entradas circulares superiores y 2 salidas inferior.</p>	<p data-bbox="1257 439 1273 461">1</p>
<p data-bbox="240 707 453 736">Tapa de Colector</p> 	<p data-bbox="639 736 1059 826">Tapa metálica para cabina del colector de polvo con salida de 0.6 m de diámetro</p>	<p data-bbox="1257 736 1273 759">1</p>
<p data-bbox="240 909 347 938">Manifold</p> 	<p data-bbox="639 1016 1059 1140">Manifold de 6" x 2.14m de longitud con 13 salidas de 3/4" y una salida de 1/2.</p>	<p data-bbox="1257 1005 1273 1028">1</p>
<p data-bbox="240 1261 501 1290">Válvula de Solenoide</p> 	<p data-bbox="639 1379 1075 1447">Válvula de Solenoide 2/2 Marca AIRTAC, de 220V y 50/60 Hz</p>	<p data-bbox="1246 1319 1283 1352">12</p>
<p data-bbox="240 1585 341 1615">Niplería</p> 	<p data-bbox="639 1727 1011 1816">Niples escamados con entrada y salida de 3/4. Material: Bronce</p>	<p data-bbox="1246 1677 1283 1711">24</p>

Conexiones de Manguera	 <p data-bbox="639 376 1029 439">Tramo de manguera de $\frac{3}{4}$ de 30 cm de longitud con ángulo 90°.</p>	12
Llaves de paso	 <p data-bbox="639 719 986 752">Llave de paso de $\frac{3}{4}$" y de $\frac{1}{2}$"</p>	2
Barandas	 <p data-bbox="639 1077 991 1196">Barandas de seguridad para respaldo de escaleras y seguridad de plataformas de trabajo.</p>	6
Filtros para polvo	 <p data-bbox="639 1621 1062 1740">Filtros cilíndricos de celulosa polvo de 0.2m de diámetro y 1.90m de alto, protegidos con malla de acero de $\frac{3}{8}$".</p>	24





Soportes	 <p data-bbox="639 439 1070 501">Soporte de plataformas de Colector de Polvo de 3.7m de largo</p>	2
Plataformas de trabajo metálico	 <p data-bbox="639 842 1050 904">Plataformas metálicas de plancha estriada de 0.6m x 2 m</p>	2
Cilindros para desechos	 <p data-bbox="639 1155 1038 1245">Cilindros acoplados con depósito para desechos (Partículas) de 0.8m x 0.5m de diámetro.</p>	2


SISTEMA ELÉCTRICO

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
<p>Tablero Eléctrico para sistema eléctrico del extractor</p> 	<p>Tablero eléctrico trifásico, modelo VC2000 de metal de 0.3m x 0.6m x 0.8m c/ variador de frecuencia de 40 Hp – 440 V – 60 Hz. Con llave termomagnética de 100 Amperios, 1 contactor ABB, 1 transformador para sistema de control, borde de conexión y un pulsador de parada de emergencia</p>	1
<p>Tablero Eléctrico (Válvulas Solenoide) para control de sistema de limpieza</p> 	<p>Tablero eléctrico monofásico metálico de 0.2m x 0.4m x 0.5m de control de electroválvulas incluido PLC de 12 salidas más llave termomagnética, Relay y bordes de salida.</p>	1
<p>Soporte de Tablero Eléctrico</p> 	<p>Soporte metálico de dos parantes de 1.8m x 0.55m con orificios en la base de los parantes para empotrado en concreto.</p>	1
<p>Tubo conduit</p> 	<p>Tubos galvanizados conduit de 3m y 0.45m, ambos de 2" de diámetro, para traslado de cables al equipo colector.</p>	2

Codo Conduit		
	Pieza de Codo Galvanizado para Tubos Conduit de 2" tipo codo de 90°	1

SISTEMA DE DUCTOS

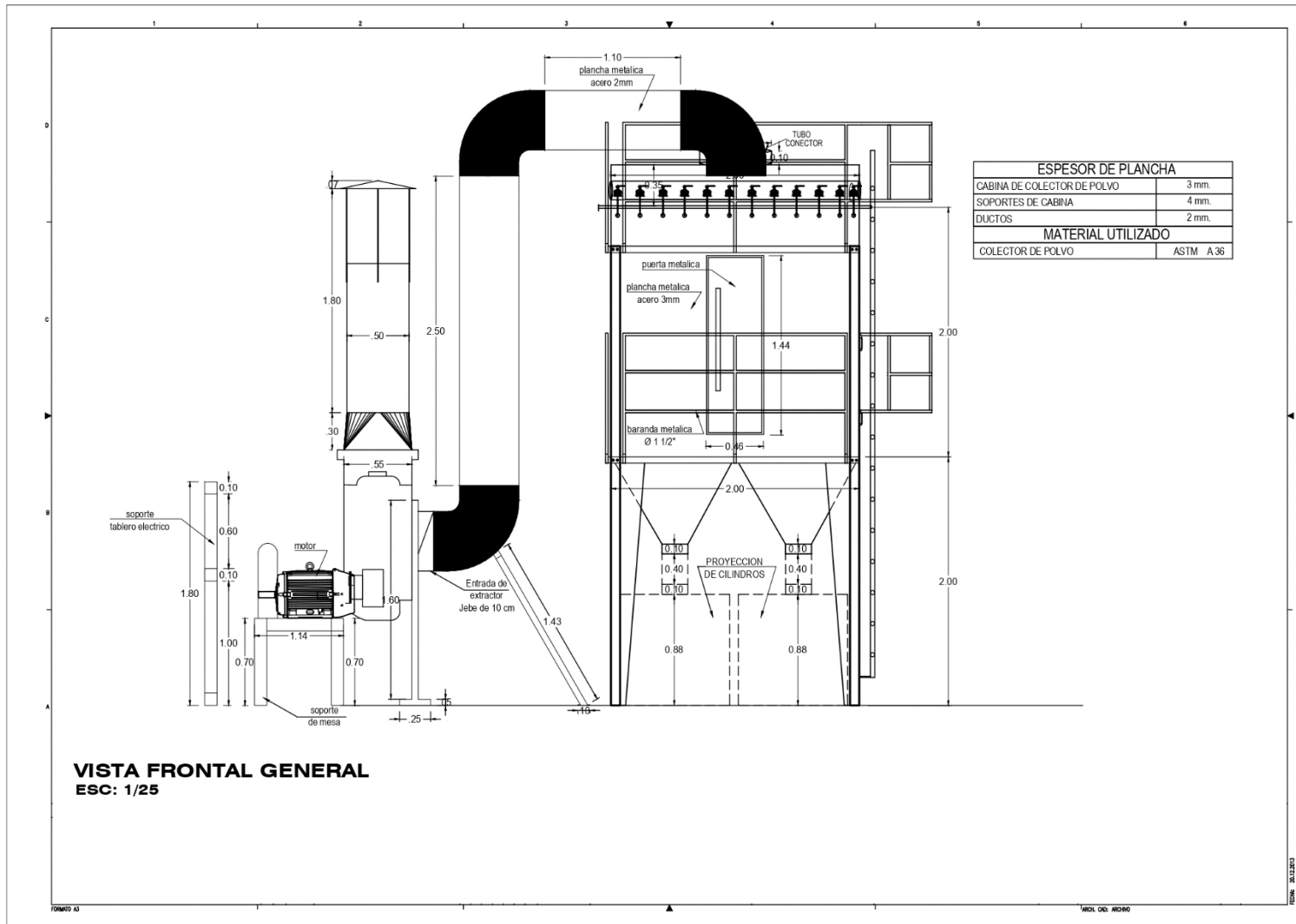
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Codos de ductos		
	Codos de Acero de Angulo 90° de 2mm de espesor Color Plomo	5
Ductos lineales Conexión		
	Ductos de acero lineales de 2mm de espesor de 0.6m x 1.4m de alto	3
Ductos lineales Cuerpo		
	Ductos de acero lineales de 2mm de espesor de 0.6m x 1.2m de alto	7
Ducto T		
	Pieza T de 2.00m x 0.6m de diámetro	1

Jebe amortiguador	 <p data-bbox="619 344 1027 434">Jebe negro amortiguador sujetado por dos abrazaderas plomas de 0.2m x 1.5m de 3/16" de espesor</p>	1

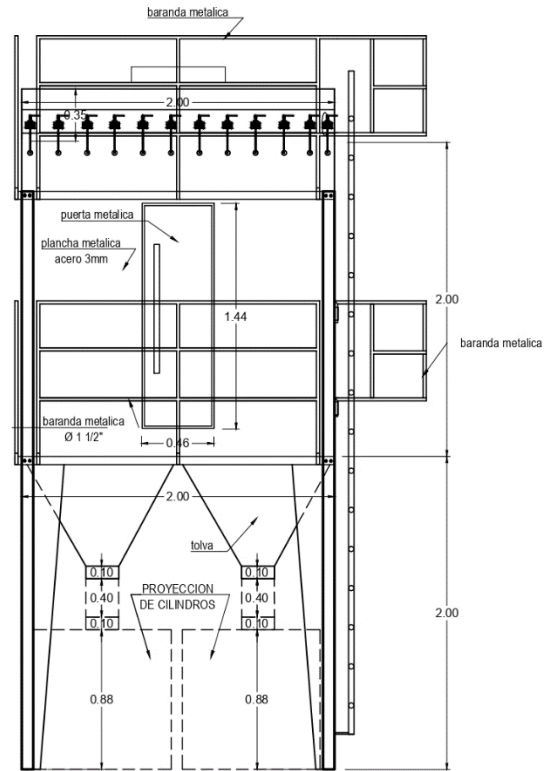
LISTA DE MATERIALES ADICIONALES

ÍTEM	CONCEPTO	FUNCIÓN	CANT	UBICACIÓN
1	Perno cabeza hexagonal 3/8"x 3" hilo continuo con arandela, galv.	Fijación Soporte de plataforma – plataforma	8	Colector
2	Perno cabeza hexagonal interna 3/8"x2", hilo continuo pasante con arandela a presión, galvanizado.	Fijación plataforma – cabina colector	12	Colector
3	Perno cabeza hexagonal interna 3/8"x3", hilo continuo pasante con arandela, galvanizado.	Fijación de puerta a cabina	6	Colector
4	Perno cabeza hexagonal 3/8"x3", hilo continuo pasante con arandela, galvanizado.	Fijación de techo a Cabina	20	Colector
5	Perno cabeza hexagonal 3/8"x 2" hilo continuo con arandela, galv.	Fijación Manifold Techo de Cabina	6	Colector
6	Pernos autoperforantes #10x 1", con arandela y jebe amortiguador. Galvanizado	Fijación de ductos de aire	120	Sistema de Ductos
7	Pernos de 5/8"x 2" cabeza hexagonal interna con arandela a presión. Galvanizado.	Fijación de Soporte Extractor	8	Extractor
8	Pernos de 5/8"x 2" cabeza hexagonal con arandela a presión. Galvanizado.	Fijación Motor Eléctrico	4	Extractor
11	Perno cabeza hexagonal interna 3/8"x3", hilo continuo pasante con arandela, galvanizado.	Fijación de Tablero Eléctrico	4	Tablero Eléctrico

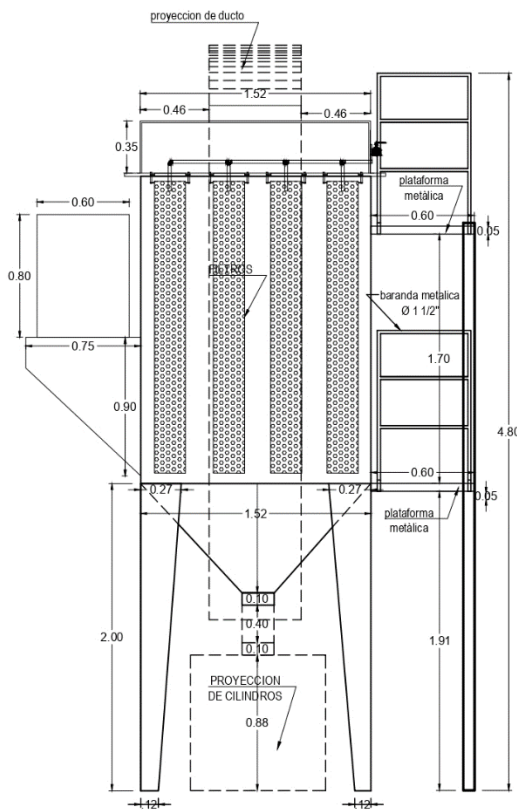
Anexo 5: Planos



ESPESOR DE PLANCHA	
CABINA DE COLECTOR DE POLVO	3 mm.
SOPORTES DE CABINA	4 mm.
DUCTOS	2 mm.
MATERIAL UTILIZADO	
COLECTOR DE POLVO	ASTM A 36

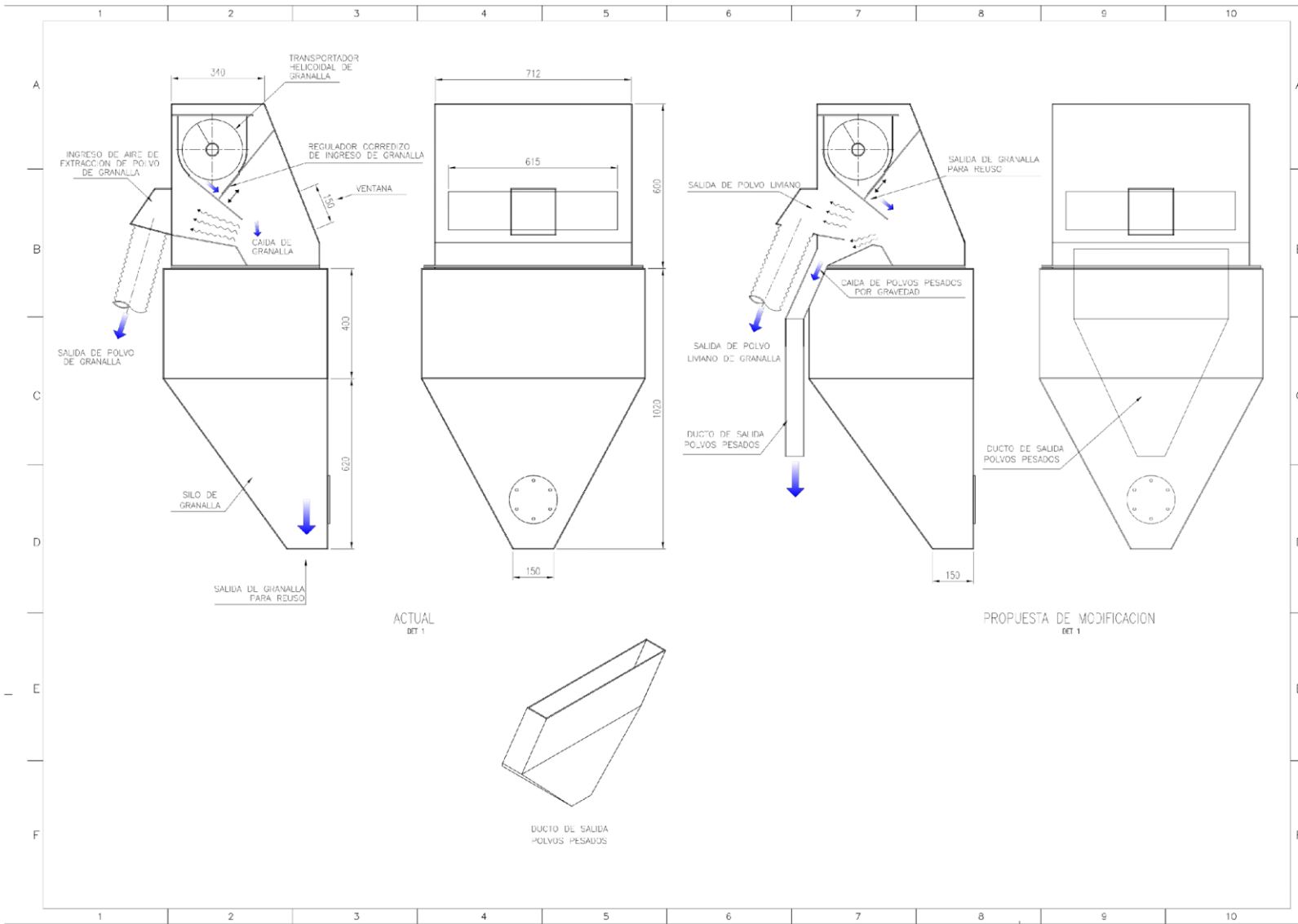


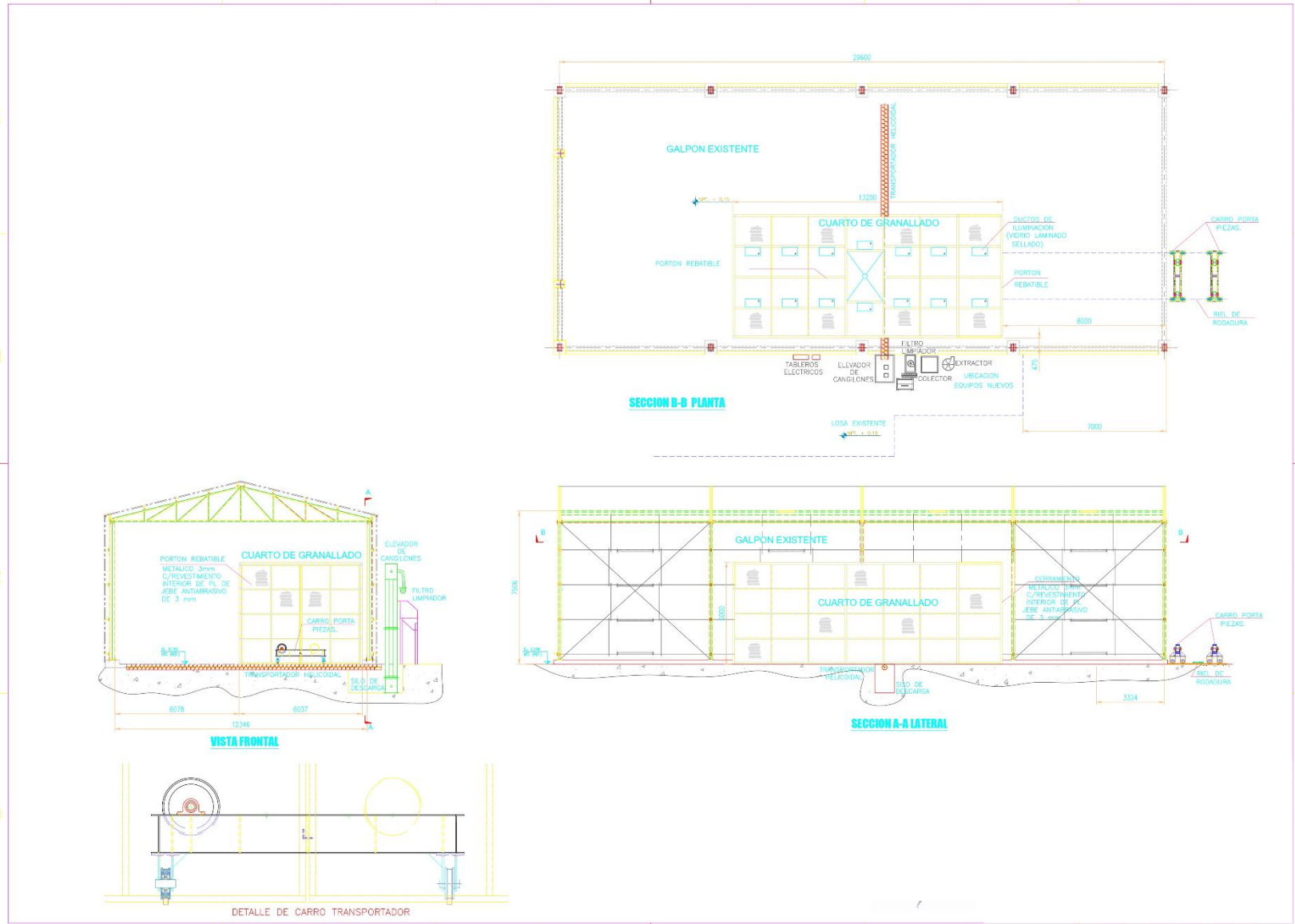
VISTA ELEVACION A
ESC: 1/25

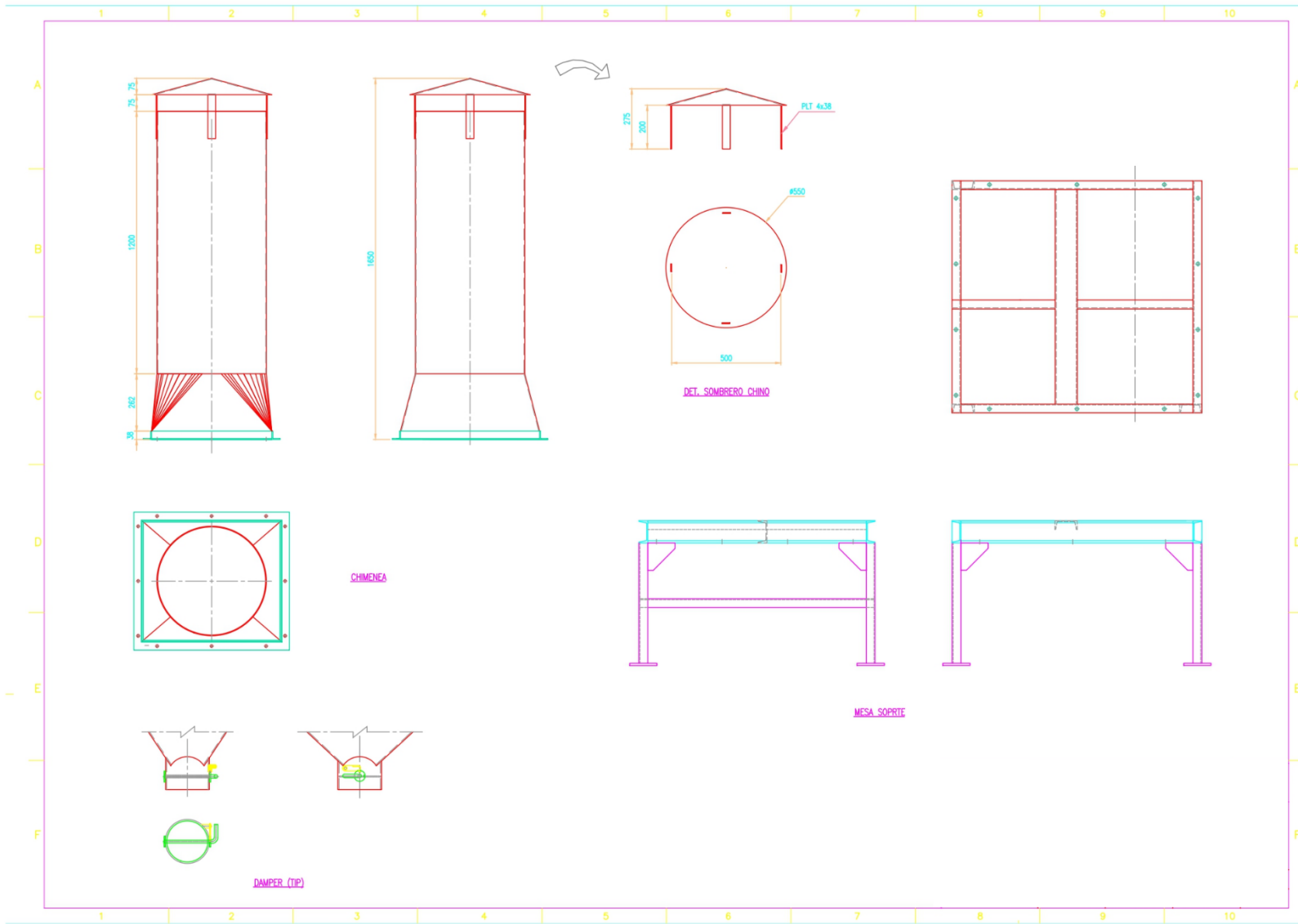


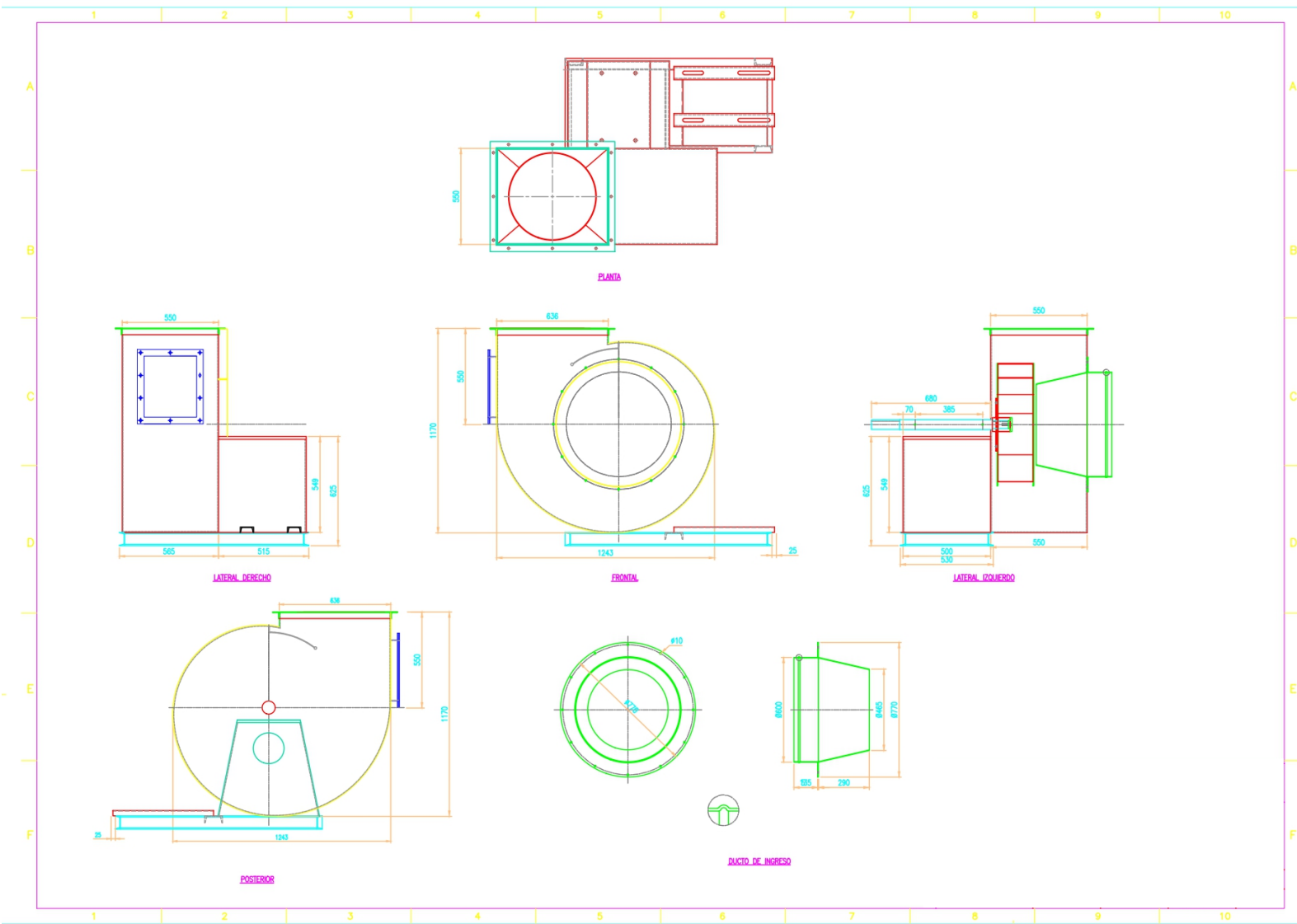
ESPESOR DE PLANCHA	
CABINA DE COLECTOR DE POLVO	3 mm.
SOPORTES DE CABINA	4 mm.
DUCTOS	2 mm.
MATERIAL UTILIZADO	
COLECTOR DE POLVO	ASTM A 36

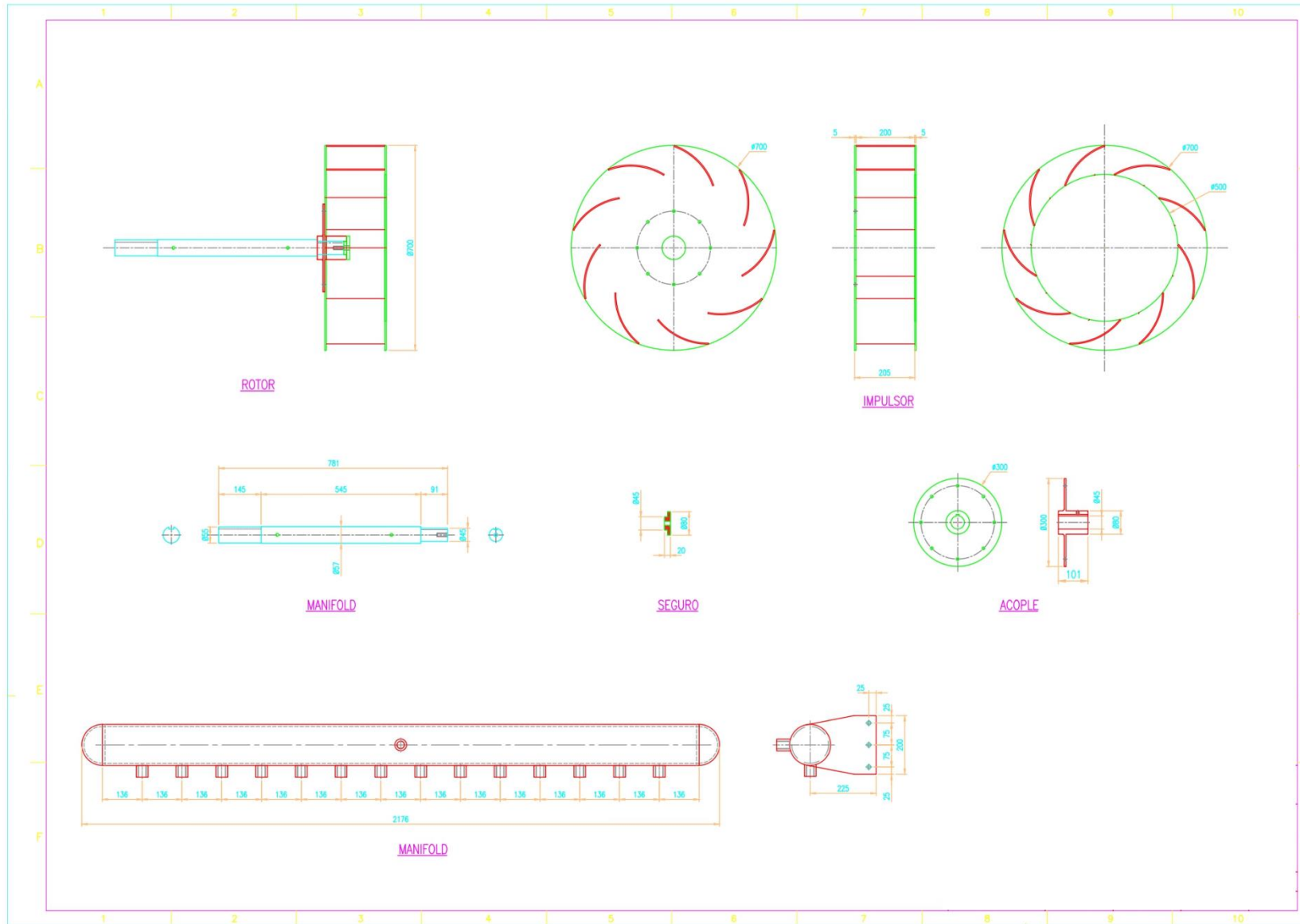
VISTA ELEVACION B
ESC: 1/25

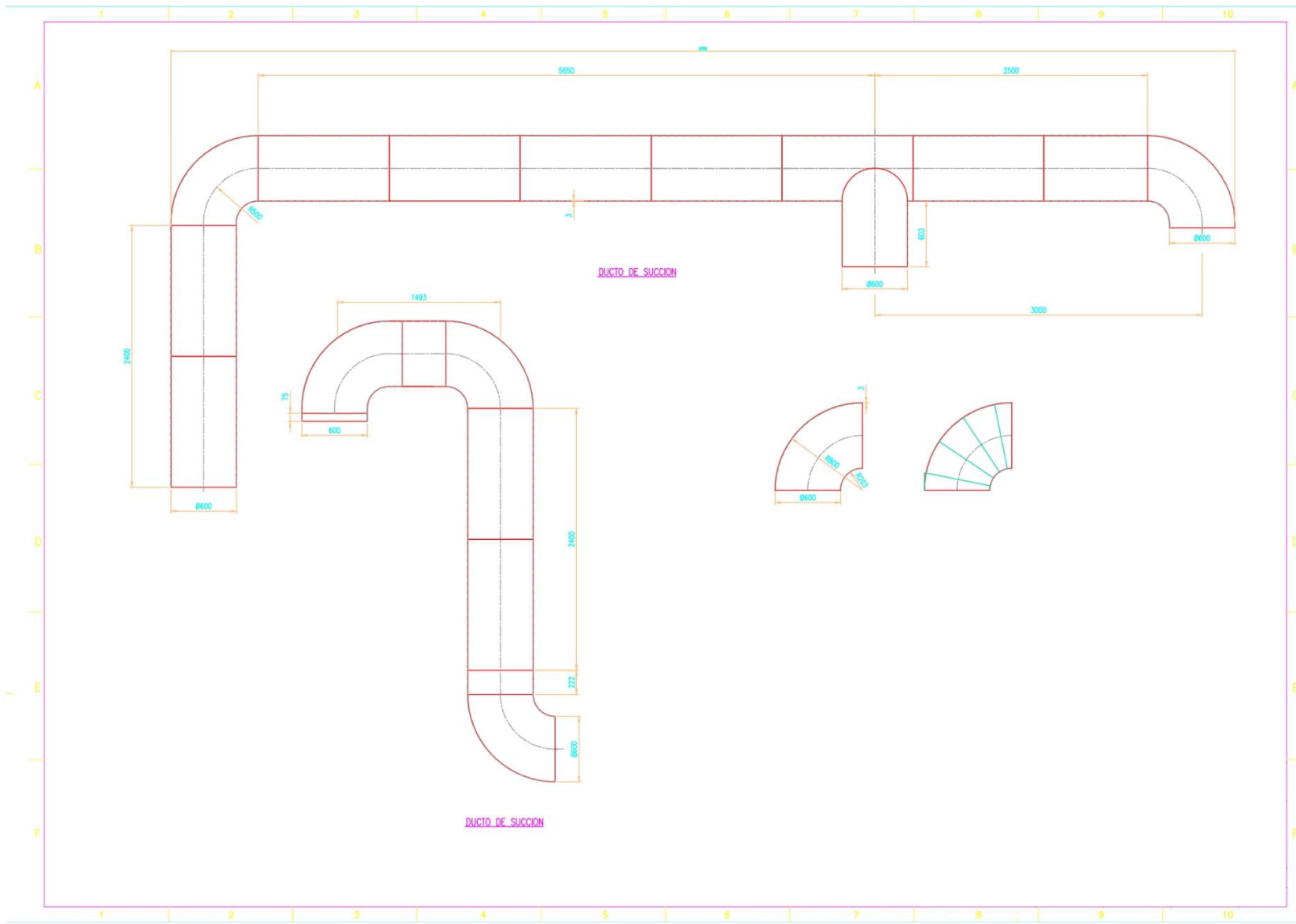


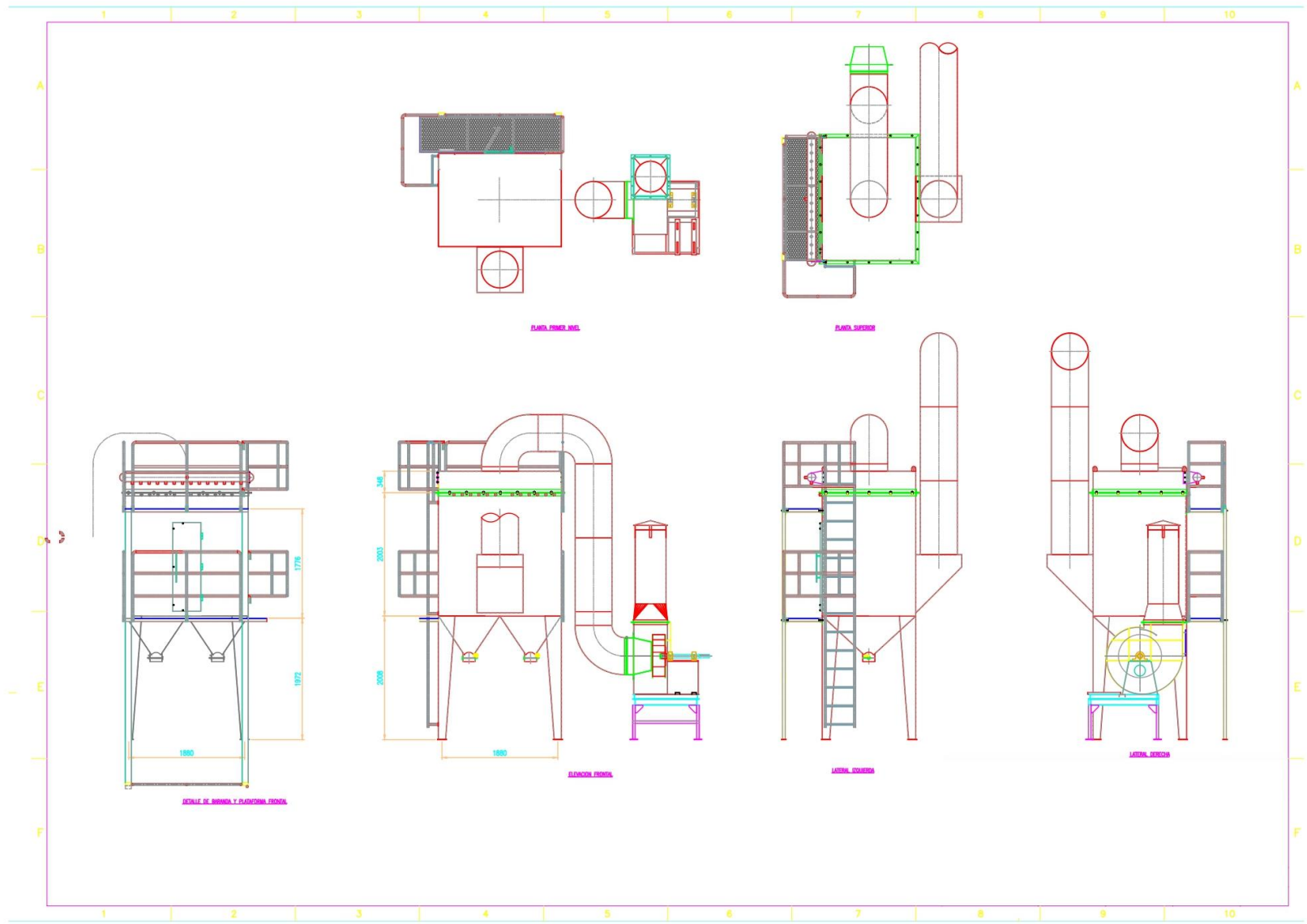












APÉNDICE

NORMAS SSPC-PREPARACIÓN DE SUPERFICIE (Julio 2015)¹

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE (SP)

1. SSPC-SP 1 *Limpieza con Solvente*

Establece los requerimientos para la limpieza con solvente de la superficie de acero. Es un método para eliminar todo el aceite, grasa, suciedad visible y otros contaminantes solubles no visibles sobre la superficie de acero.

2. SSPC-SP 2 *Limpieza con Herramientas Manuales*

Cubre los requisitos de limpieza de superficie de acero con herramientas manuales sin motor. La limpieza elimina toda la cascarilla de laminación suelta, óxido suelto, pintura suelta y otras materias extrañas perjudiciales. No se requiere eliminar la cascarilla de laminación, oxidación y pintura adherida. La cascarilla de laminación y pintura se consideran adheridas si no es posible removerlas levantándolas con una espátula sin filo.

3. SSPC-SP 3 *Limpieza con Herramientas Motrices*

Es un método de preparación de superficies de acero mediante el uso de herramientas manuales con alimentación eléctrica. Elimina toda la cascarilla de laminación suelta, óxido suelto, pintura suelta y otras materias extrañas perjudiciales sueltas. No se pretende eliminar la cascarilla de laminación, óxido y pintura adherida. La cascarilla de laminación, óxido y pintura se consideran adheridas si no es posible removerlas levantándolas con una espátula sin filo.

4. SSPC-SP 5/NACE N° 1, *Limpieza con Chorro al Grado Metal Blanco*

¹ Fuentes:

Guía informativa CYM Materiales S.A. (Agosto 2015)-"Preparación de Superficie Norma SSPC-
Recuperado de:

<https://cym.com.ar/intranet/Preparacion-de-superficies-norma-SSPC-granallado-cymmateriales-shotblasting.pdf>

SIKA Colombia S.A.S. (2015). Guía de Información Técnica de "Preparación de Superficies Metálicas".
Recuperado de: <https://col.sika.com/.../PREPARACION%20DE%20SUPERFICIES%20%202008.pdf>

Esta norma cubre los requisitos para la limpieza de superficies de acero sin pintar o pintadas mediante el uso de abrasivos. Incluyen la condición final de la superficie, materiales y procedimientos necesarios para alcanzar y verificar dicha condición. Cuando una superficie limpiada con chorro al metal blanco, se ve sin aumento, ésta debe estar libre de aceite, grasa, polvo, suciedad, barniz, óxido, y otras materias extrañas.

5. SSPC-SP 6/NACE N° 3, *Limpieza con Chorro al Grado Comercial*

Cuando una superficie limpiada con chorro al grado comercial, se ve sin ampliación, ésta debe estar libre de aceite, grasa, polvo, suciedad, barniz, óxido, y otras materias extrañas, excepto las manchas indicadas. Las manchas aleatorias se limitarán a no más del 33 % de cada unidad de área tal cual está definida en la norma y puede consistir en sombras ligeras, ligeras rayas, o pequeñas decoloraciones causadas por las manchas de oxidación, de la cascarilla de laminación o de manchas del recubrimiento aplicado anteriormente.

6. SSPC-SP 7/NACE N° 4, (*Limpieza con Chorro Abrasivo-Granallado/Arenado Rápido*)

Preparación de superficie con chorro abrasivo conocido como arenado o granallado rápido o ráfaga que utiliza algún tipo de abrasivo a presión para limpiar la superficie. A través de este método se elimina la cáscara de laminación, óxido, pintura y cualquier material incrustante.

La superficie queda libre de aceite, grasa, polvo, capa suelta de laminación donde está firmemente adherida. Estas partes no deben desprenderse mediante un objeto punzante. Es utilizado sólo en los casos de condiciones muy poco severas y presentará áreas de probables fallas.

7. SSPC-SP 8 (*Limpieza con Decapado Químico*)

Preparación de superficie o decapado por reacción química, electrólisis o por medio de ambos para limpiar una superficie produciendo mordiente. A través de una reacción química con algún producto específico, las superficies metálicas son liberadas de laminilla, óxido, pintura y materiales extraños, posteriormente la reacción, es desnaturalizada con alguna otra solución y secada con aire o vacío. Los resultados pueden ser aceptables, pero el método es de alto riesgo.

8. SSPC-SP 10/NACE N° 2, *Limpieza con Chorro al Grado Cercano al Blanco*

Una superficie limpiada con chorro al metal casi al blanco, vista sin aumento, debe estar libre de todo el aceite visible, grasa, polvo, suciedad, barniz, óxido, recubrimiento, productos de corrosión y otras materias extrañas. Las manchas aleatorias deben limitarse a no más del 5 % de cada unidad de área de superficie, tal como se define en la norma, y puede consistir en sombras ligeras, rayas leves o pequeñas decoloraciones causadas por manchas de óxido, manchas de cascarilla de laminación o manchas del recubrimiento anteriormente aplicado.

9. SSPC-SP 11, *Limpieza con Herramientas Motrices al Metal Desnudo*

Una superficie limpia mediante herramienta mecánica a metal base, cuando se mira sin aumento, deberá estar libre de grasa, polvo, suciedad, cascarilla de laminación, herrumbre, revestimiento, productos de corrosión y otras materias extrañas, excepto pequeñas cantidades de revestimiento y productos de corrosión en la parte inferior de las cavidades en sustratos con picaduras. El perfil de la superficie deberá ser de un mínimo de 25 micras (1,0 milésimas de pulgada). Los picos y valles de la superficie preparada deben formar un patrón continuo sin áreas lisas, sin perfilar.

10. SSPC-SP 12/NACE N° 5, *Limpieza con Agua a Presión-Waterjetting*

Preparación de superficie o limpieza con el uso de agua a presión o waterjetting logrando un grado definido de limpieza de superficie antes de la aplicación de un recubrimiento o revestimiento protector.

La norma tiene un alcance limitado al uso exclusivo de agua y es utilizada principalmente para aplicaciones en las que el sustrato es acero al carbono. Sin embargo, el proceso de waterjetting se puede utilizar para limpieza de superficies no ferrosas, tales como bronce, aluminio, y otros metales como el acero inoxidable. Esta norma no se ocupa de la limpieza de concreto que se detalla en la Norma SSPC-SP 13.

Nota .- Esta norma fue escrita en Julio 2012 y reemplazada por las siguientes normas:

- SSPC-SP WJ-1/NACE WJ-1 (Mar.2014) Limpieza a metal desnudo por chorro de agua

- SSPC-SP WJ-2/NACE WJ-2 (Mar.2014) Limpieza muy profunda del metal por chorro de agua
- SSPC-SP WJ-3/NACE WJ-3 (Mar.2014) Limpieza profunda del metal por chorro de agua
- SSPC-SP WJ-4/NACE WJ-4 (Mar.2014) Limpieza liviana del metal por chorro de agua

11. SSPC-SP 13/NACE N° 6, (*Limpieza de concreto*)

Preparación de superficies o limpieza de concreto utilizando medios mecánicos, químicos o métodos térmicos previos a la aplicación de un recubrimiento o revestimiento de protección.

12. SSPC-SP 14/NACE N° 8, (Granallado Industrial)

Esta norma cubre los requisitos utilizados en la limpieza con chorro de abrasivo para el tratamiento de superficies de acero pintado o sin pintar en uso industrial. Estos requisitos incluyen la condición final de la superficie y los materiales y procedimientos necesarios para lograr y verificar la condición final de la superficie.

La superficie granallada, cuando se ve sin aumento, deberá estar visiblemente libre de aceite, grasa, polvo y suciedad, restos de cascarilla de laminación, óxido y de revestimiento fuertemente adheridos, están autorizados a permanecer dentro del 10 % de cada unidad de área de la superficie tratada si están distribuidas de manera uniforme. Restos de cascarillas de laminación, óxido y recubrimientos se considerarán fuertemente adheridos si no se pueden quitar con espátula.

Sombras, l rayas, y decoloraciones causadas por las manchas de óxido, de manchas de cascarilla de laminación y manchas de recubrimiento aplicado anteriormente pueden estar presentes en el resto de la superficie.

13. SSPC-SP 15 (Limpieza con herramientas mecánicas- Grado Comercial)

Preparación de superficies o limpieza Manual utilizando herramientas eléctricas o mecánicas, en un grado comercial eliminando impurezas, tales como: residuos de soldadura, oxidación, pintura envejecida y otras incrustantes produciendo una rugosidad mínima de 25 micrones (1 mils).

Cuando se ve sin aumento deberá estar libre de aceite, grasa, suciedad, óxido, recubrimientos viejos, cascarillas de laminación, productos de corrosión y de otras materias extrañas, excepto como se indica a continuación.

Esta norma permite manchas aleatorias limitadas a no más de un 33 % de cada área de superficie a limpiar. La mancha puede consistir en sombras de luz, rayas leves o decoloraciones débiles causadas por manchas de óxido, manchas de cascarilla de laminación, o manchas de revestimiento aplicado previamente.

Leves residuos de óxido y pintura se pueden dejar en el fondo de los cráteres de la superficie. Esta norma difiere de las normas SSPC SP 3 y SSPC SP 11.

14. SSPC-SP 16 (Limpieza de metales no ferrosos)

Preparación de superficie para dar rugosidad y limpieza a sustratos metálicos no ferrosos revestidos y no revestidos, incluyendo, pero no limitado, a superficies galvanizadas, acero inoxidable, cobre, aluminio y latón.

La superficie debe quedar libre de contaminantes y recubrimientos sueltos mediante inspección visual con un perfil de rugosidad de 10 micrones (0.75 mils)

15. SSPC-SP 15 (Limpieza con herramientas mecánicas-al Grado Comercial).

Preparación de superficies o limpieza Manual utilizando herramientas eléctricas o mecánicas, en un grado comercial eliminando impurezas, tales como: residuos de soldadura, oxidación, pintura envejecida y otras incrustantes produciendo una rugosidad mínima de 25 micrones (1 mils).

Cuando se ve sin aumento deberá estar libre de aceite, grasa, suciedad, óxido, recubrimientos viejos, cascarillas de laminación, productos de corrosión y de otras materias extrañas, excepto como se indica a continuación.

Esta norma permite manchas aleatorias limitadas a no más de un 33 % de cada área de superficie a limpiar. La mancha puede consistir en sombras de luz, rayas leves o decoloraciones débiles causadas por manchas de óxido, manchas de cascarilla de laminación, o manchas de revestimiento aplicado previamente.

Leves residuos de óxido y pintura se pueden dejar en el fondo de los cráteres de la superficie. Esta norma difiere de las normas SSPC SP 3 y SSPC SP 11.

GALERÍA FOTOGRÁFICA

1. IMÁGENES GRADO PREPARACIÓN DE SUPERFICIES



**ARENADO COMERCIAL
BLANCO**



ARENADO METAL AL

2. EQUIPOS INSTALACIONES DE IFM S.A.C.



Sala de compresora con tanque acumulador de aire comprimido



Cuarto o Cámara de arenado



Cuarto actual de arenado

3. PLANTA GRANALLADO METAL MECÁNICA



Planta de granallado-vista lateral



Toma aire contaminado con polvos con ducto de aspiración



Transportador helicoidal para extracción de granalla utilizada en cuarto

4. GRANALLA DE ACERO PARA SAND BLASTING

Grados de Granalla de Acero Angular																Dimensión Nominal (nm.)		
Malla #	7	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	80		120	200
nm.	2.8	2.36	2.0	1.7	1.4	1.18	1.0	0.85	0.71	0.6	0.5	0.42	0.35	0.3	0.18	0.12	0.07	
G12		0		>80	>90													1.70
G14			0		>80	>90												1.40
G16				0		>75	>85											1.18
G18					0		>75	>85										1.00
G25						0		>70				>80						0.71
G40							0					>70		>80				0.42
G50								0						>65	>75			0.30
G80												0			>65	>75		0.18
G120														0		>60	>70	0.125

Tipos y tamaños de granalla de acero angular

Fuente: Abrasivos Super Blast S.A. de CV.



Granalla angular

Fuente: Abrasivos y Maquinarias S.A



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, DAVILA HURTADO FREDY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis Completa titulada: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE GRANALLADO PARA REDUCIR COSTOS DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIES EN LA EMPRESA IFM S.A.C.", cuyo autor es OLIVERA SOSA FRANK ARNALDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

CHICLAYO, 09 de Agosto del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DAVILA HURTADO FREDY DNI: 16670066 ORCID: 0000-0001-8604-8811	Firmado electrónicamente por: FRDAVILAH el 09-08- 2022 21:19:31

Código documento Trilce: TRI - 0406734