

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**PROPUESTA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO A ESTANQUES
DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS DE EMPRESA
PASSOL S.A.**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Técnico Universitario en
MECÁNICA INDUSTRIAL

Alumno:

Fabián Alejandro Baeza Rosales

Profesor Guía:

Sr. Carlos Baldi González

RESUMEN

KEYWORDS: MANTENIMIENTO CORRECTIVO / ESTANQUES / API 650

El presente trabajo está destinado a dar solución concreta a los problemas presentes en los estanques de almacenamiento en la planta productiva de Passol.

En el capítulo 1 se abordará los datos de ubicación e información de la constitución de la empresa, pasando por el proceso productivo, y los productos que la planta productiva viene fabricando desde el año en el cual se creó Química Passol.

El diseño y las mediciones de los estanques se verán reflejados en el capítulo 2, se utilizará equipos de ultrasonido para saber con exactitud el espesor de pared del manto de los estanques, y además se midió la capa de pintura de dichos estanques.

El capítulo 3 se enfocará en el plan de mantenimiento en sí, se elegirá el proceso más idóneo para efectuar la limpieza de los estanques, poniendo en práctica la seguridad del proceso, ya que los productos almacenados son altamente inflamables, pero además se elegirá el procedimiento en el cual la limpieza sea lo más eficaz posible.

Se utilizará un compresor de combustión diésel para el proceso de lijado y pintado, este último además de otorgar protección al estanque que es lo principal, también le incluye un factor de estética y ordenamiento al área de almacenamiento.

El mantenimiento abordará desde lo básico, pasando por los insumos a utilizar, ordenes de trabajo, Check list, hasta los costos que se producirán en realizar el plan de mantenimiento, también se dejará establecido cada cuanto se deben realizar las mediciones.

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

AISI	:	<i>American Iron and Steel Institute</i> (Instituto americano de hierro y acero)
API	:	<i>American Petroleum Institute</i> (Instituto americano del petróleo)
RPM	:	Revoluciones por minuto
SAE	:	<i>Society Automotive Engineers</i> (Sociedad de ingenieros automotrices)
API 650	:	Tanques de almacenamiento, parte I.

SIMBOLOGIA

bar	:	unidad de presión, bar
cc	:	centímetro cúbico
F	:	fuerza
g	:	gramos
HB	:	<i>Hardness Brinell</i> (Dureza Brinell)
hp	:	<i>horse power</i> (caballo de fuerza)
h	:	hora
Kg	:	Kilogramo
l	:	litro
m	:	metro
m ³	:	metro cúbico
M	:	Mega
min	:	minuto
mm	:	milímetro
mm ²	:	milímetro cuadrado
Pa	:	Pascal
W	:	Watt
Ø	:	diámetro
µm	:	micrómetro
\$:	peso chileno
%	:	porcentaje
”	:	pulgada

ÍNDICE DE MATERIAS

RESUMEN	
SIGLAS Y SIMBOLOGÍA	
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL:	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	2
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES	3
1.2. PROCESO PRODUCTIVO	6
1.2.1. Productos	8
1.2.2. Reutilización de tambores	9
1.3. ÁREA DE ALMACENAMIENTO	10
1.4. PROBLEMÁTICA	12
1.4.1. Soluciones	14
CAPÍTULO 2: MEDICIÓN DE ESTANQUES	16
2.1. MEDICIÓN DE ESPESOR A ESTANQUES	18
2.2. MEDICIÓN DE RECUBRIMIENTO	23
2.3. ENSAYO DE DUREZA	26
2.5. NORMA API 650	28
2.5.2. Uniones Soldadas	30
2.5.2.1. Uniones Verticales	30
2.5.2.2. Uniones horizontales	31
CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTIMIENTO	34
3.1. ELECCIÓN DE MAQUINARIA PARA REALIZAR LA LIMPIEZA DE ESTANQUES	35
3.1.1. Granallado de estanques	35
3.1.2. Limpieza a estanques utilizando esmeril angular	37
3.1.3. Lijado de estanques	39
3.1.4. Factores a considerar	40
3.2. PINTADO DE ESTANQUES	41
3.3. PLANIFICACIÓN MANTENIMIENTO CORRECTIVO	42
3.3.1. Plan de tareas	43
3.3.2. Equipos necesarios	43
3.3.3. Insumos	45
3.3.5. Orden de trabajo	50
3.4. COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	52
3.5. ¿CUANDO SE DEBEN REALIZAR LAS MEDICIONES?	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55

BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXO A: TABLA COMPLETA DE PROPIEDADES DEL ACERO	58
ANEXO B: COTIZACIÓN ANDAMIO TRADICIONAL	59
ANEXO C: COTIZACIÓN COMPRESOR DE TORNILLO SULLAIR 185	60
ANEXO D: ORDENES DE TRABAJO	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Logo empresa Passol S.A
Figura 1-2. Ubicación planta productiva y bodega
Figura 1-3. Frontis planta productiva
Figura 1-4. Pintura de tráfico
Figura 1-5. Producto Fingraff
Figura 1-6. Tambor restaurado
Figura 1-7. Estanque cilíndrico
Figura 1-8. Estanque de resina Alquídica
Figura 1-9. Vista central de estanques
Figura 1-10. Check list de estado de estanques
Figura 2-1. Croquis de estanques
Figura 2-2. Estanques de almacenamiento.
Figura 2-3. Medidor de espesor de pared DM5E
Figura 2-4. Croquis de secciones de estanque
Figura 2-5. Medidor de recubrimiento
Figura 2-6. Durómetro digital
Figura 2-7. Tipos de juntas a tope horizontal
Figura 2-8. Tipos de juntas a tope horizontal
Figura 3-1. Granalla
Figura 3-2. Granalladora de turbina
Figura 3-3. Granalladora con aire comprimido
Figura 3-4. Esmeril angular
Figura 3-5 Grada de copa
Figura 3-6 Lijadora neumática
Figura 3-7 Lija circular
Figura 3-8 Aerógrafo industrial
Figura 3-9. Orden de trabajo para limpieza de estanque

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1-1 Flujograma del proceso productivo

Diagrama 1-2 Layout de estanques

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Medición espesor estanque N°4

Tabla 2-2. Medición espesor estanque N°5

Tabla 2-3. Medición espesor estanque N°6

Tabla 2-4. Medición espesor estanque N°7

Tabla 2-5. Medición espesor estanque N°8

Tabla 2-6. Medición espesor techo

Tabla 2-7. Medición recubrimiento estanque N°4

Tabla 2-8. Medición recubrimiento estanque N°5

Tabla 2-9. Medición recubrimiento estanque N°6

Tabla 2-10. Medición recubrimiento estanque N°7

Tabla 2-11. Medición recubrimiento estanque N°8

Tabla 2-12. Propiedades mecánicas de acero al carbono

Tabla 2-13. Tabla Espesor mínimo según diámetro

Tabla 2-14. Tabla cumplimiento de norma

Tabla 3-1. Comparación entre procesos de limpieza

Tabla 3-2. Plan de tareas

Tabla 3-3. Especificaciones técnicas

Tabla 3-4. Equipos necesarios

Tabla 3-5. Tiempos de trabajo

Tabla 3-6. Insumos

Tabla 3-7. Herramientas

Tabla 3-8. Costos de insumos

Tabla 3-9. Costos de equipos

INTRODUCCIÓN

Con el pasar de los años las necesidades del ser humano han ido cambiando, es por esto que se han creado empresas que satisfagan estas nuevas necesidades. La industria de la pintura en Chile y sus derivados ha ido creciendo exponencialmente durante décadas, al principio solo se limitaba a recubrimientos de madera, tales como lacas y selladores.

Con el avance de la tecnología y el uso de una amplia gama de materiales para fabricar productos de la vida cotidiana, nació la necesidad de ir creando recubrimientos para estos nuevos materiales, el objetivo de las pinturas y recubrimientos es proteger y dar una mayor vida útil a los elementos tales como autos, estructuras metálicas, maderas, etc.

En la empresa PASSOL S.A. se dedican a fabricar productos químicos tradicionales desde el año 1976. Como en todo proceso productivo se necesita materia prima y un lugar para almacenarla de manera segura.

Los estanques presentes en la empresa no han tenido ningún tipo de mantenimiento desde el año de construcción, es por esto la importancia de realizar un plan que permita extender la vida útil de dichos estanques, ya que solo existía una mitigación para la corrosión que era pintarlos sobre la capa de pintura existente, y esto más que una solución era un problema ya que la corrosión seguía existiendo, pero era cubierta por la nueva capa de pintura.

Es por esto que, para dar una solución concreta a la empresa en relación con los estanques de almacenamiento, se realizaran distintas mediciones y ensayos para tener una noción del estado de los estanques.

Este trabajo además de estar enfocado en un mantenimiento correctivo, abarca también mantenimiento preventivo para así ejecutar un plan de mantenimiento integral a los estanques de mantenimiento en un futuro cercano.

La Universidad Federico Santa María, específicamente el departamento de mecánica de la sede Viña del Mar, apoyará facilitando todos los equipos necesarios para realizar las mediciones y ensayos pertinentes para elaborar un plan de mantenimiento correctivo con el fin de mitigar los problemas presentes en los estanques de almacenamiento de la planta productiva.

OBJETIVO GENERAL:

Realizar medición de espesores a estanques de almacenamiento de productos químicos de la empresa PASSOL, realizando una propuesta de mantenimiento correctivo, con la finalidad de aumentar la vida útil de dichos estanques.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Conocer la empresa y sus procesos productivos, para comprender la importancia de la necesidad de un plan de mantenimiento a los estanques, mediante información adquirida en terreno.
- Medir recubrimiento de los estanques, mediante equipo de medidor de espesor por ultrasonido para saber si están bajo norma API 650
- Generar ordenes de trabajo con la intención de dejar establecido el procedimiento para realizar el plan de mantenimiento y sus costos asociados, a través de diferentes tablas y diagramas.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1.1. LA EMPRESA

PASSOL S.A es una empresa constituida en la quinta región, dedicada a la producción y envasado de productos químicos tradicionales.

La empresa PASSOL S.A fue creada en el año 1976 por los señores Mario Passalacqua e Ítalo Solari, con la intención de crear productos de buena calidad y de bajo costo.

PASSOL ha ido evolucionando con el pasar de los años, ya que al comienzo solo se limitaba a la producción de aguarás y alcohol quemar. Ya en el año 1983 se inicia la producción de lacas y selladores para madera y posteriormente en 1987 se inicia la producción de pinturas con marca propia con látex blanco, tiempo después se fueron incorporando más colores.

Los productos PASSOL se encuentran a lo largo de todo Chile en las grandes cadenas ferreteras, entregando así sus productos a personas naturales, la compra de gran cantidad de productos se puede realizar de forma directa con PASSOL, ya que la empresa cuenta con transporte propio para dar abasto a la gran demanda. En la figura 1-1. Se puede apreciar el logo de la empresa PASSOL.

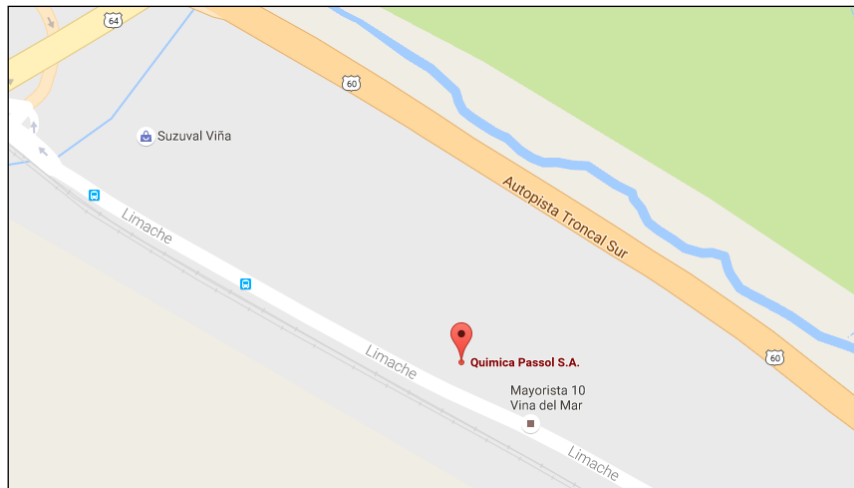


Fuente: Passol.cl

Figura 1-1. Logo empresa Passol S.A

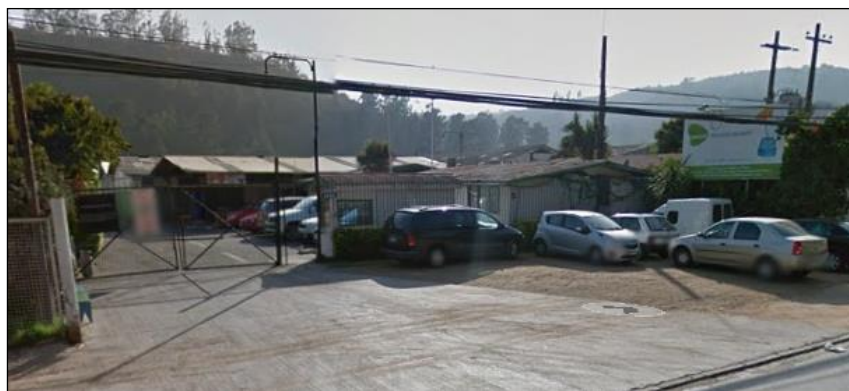
La planta productiva y bodega de empresa PASSOL S.A se encuentra ubicada en calle Limache 4225, sector el salto, viña del mar, región de Valparaíso. En esta planta productiva será donde realizaremos la propuesta de mantención a los estanques.

De igual manera existe una oficina comercial de la empresa en Carlota Guzmán 1298, Renca, región metropolitana. En la figura 1-2. Se observa la ubicación de la planta productiva, y en la figura 1-3. Se aprecia una foto satelital del frontis de la planta productiva.



Fuente: google maps

Figura 1-2. Ubicación planta productiva y bodega



Fuente: google maps

Figura 1-3. Frontis planta productiva

En su planta productiva hay un número entre cercano a 50 trabajadores, incluyendo administrativos, operarios de maquinaria y obreros.

Solo existe un turno en toda la planta productiva y su horario es de 08:00 a 17:00, este horario contempla el almuerzo que es de 1 hora y es a las 13:00

Existe un casino en la planta y el almuerzo lo entrega la empresa a todo el personal independiente del cargo que desempeñe.

1.2. **PROCESO PRODUCTIVO**

El proceso productivo de la empresa de químicos PASSOL S.A. comienza desde que llega la materia prima a la planta.

La materia prima que es necesaria para fabricar los productos químicos en la empresa son: Tolueno, Xilol, Aguarrás y solvente industrial, estos productos se almacenan en estanques verticales de acero de diferentes tamaños.

Luego la materia prima se extrae por medio de bombas hasta el área de producción para realizar la preparación de los productos químicos. Acá según el producto se destinan a diferentes locaciones del área de productiva. Se destinan a estanque e IBC para preparar disolventes y ácido muriático, si se requiere preparar látex, pintura y barnices, la producción se realiza en torvas y ollas.

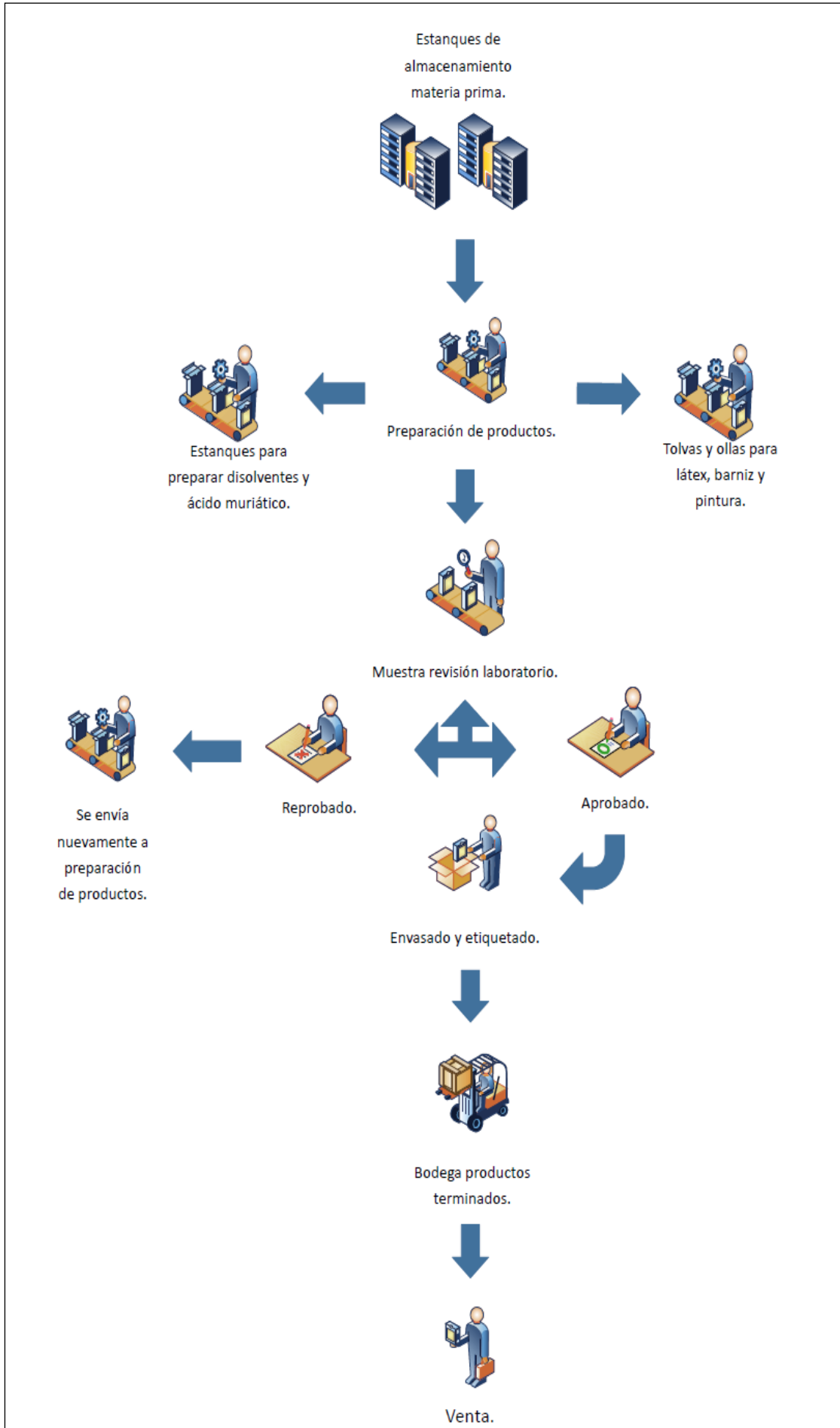
Posterior a esto se realiza una muestra de la producción y se lleva al laboratorio que está en las dependencias de la planta productiva.

Si la muestra recolectada no cumple con los estándares de calidad y la normativa de cantidad de elementos químicos que debe contener dicho producto, este se rechaza y el proceso productivo comienza nuevamente.

Si la muestra cumple con los requisitos, el producto se dosifica, y se realiza el respectivo etiquetado.

Posteriormente los productos se embalan y se envían a la bodega de la planta productiva, para posteriormente pasar al proceso de compra. La empresa cuenta con transporte propio en caso de que el pedido es de gran envergadura.

En el diagrama 1-1 se observa el proceso productivo, desde cuando se almacena la materia prima, hasta cuando el material está listo para ser distribuido.



Fuente: elaboración propia, proceso productivo

Diagrama 1-1 Flujograma del proceso productivo

1.2.1. Productos

Existe una gran gama de productos que se fabrican en la empresa PASSOL, entre ellos podemos nombrar:

- Diluyentes
- Solventes
- Desengrasantes
- Recubrimientos de madera.
- Pinturas
- Desmoldante e impermeabilizante
- Limpiadores y especialidades.

En el área de pintura podemos encontrar: pinturas para madera, metal, látex y además pintura de tráfico, está diseñada para resistir las altas temperaturas, lluvia, el pasar del tiempo y el desgaste producido por automóviles y peatones.

En la figura 1-4 se observa uno de los productos fabricados por la empresa Passol en su planta productiva.



Fuente: Passol.cl

Figura 1-4. Pintura de tráfico

Todos los productos de marca PASSOL son fabricados para que sean compatibles con cualquier otro producto de otra marca.

Desde el año 2005 se comenzó a fabricar la primera línea de productos biodegradables, entre ellos se puede mencionar a Destap; que es un limpiador y destapador de cañerías, el cual al ser biodegradable el daño al medio ambiente es prácticamente nulo, también existe Fingraff que es un eliminador de graffiti, que remueve barniz, pinturas en

spray, pinturas al agua, etc., mostrado en la figura 1-5. Estos productos son de la línea ecológica de Passol.



Fuente: Passol.cl

Figura 1-5. Producto Fingraft

1.2.2. Reutilización de tambores

Una muestra más de que PASSOL está comprometido con el medio ambiente es la reutilización de sus envases. Todos los clientes de la empresa pueden optar a realizar una entrega de todos los tambores de 200 litros, si dicho estanque se encuentra en buenas condiciones se envía al área de restauración, en el cual le quitan las abolladuras, le realizan una limpieza profunda, quitándole todo el producto que antes se almaceno en dicho estanque y posteriormente lo pintan nuevamente para así mandarlo al área de producción para ser utilizado nuevamente.



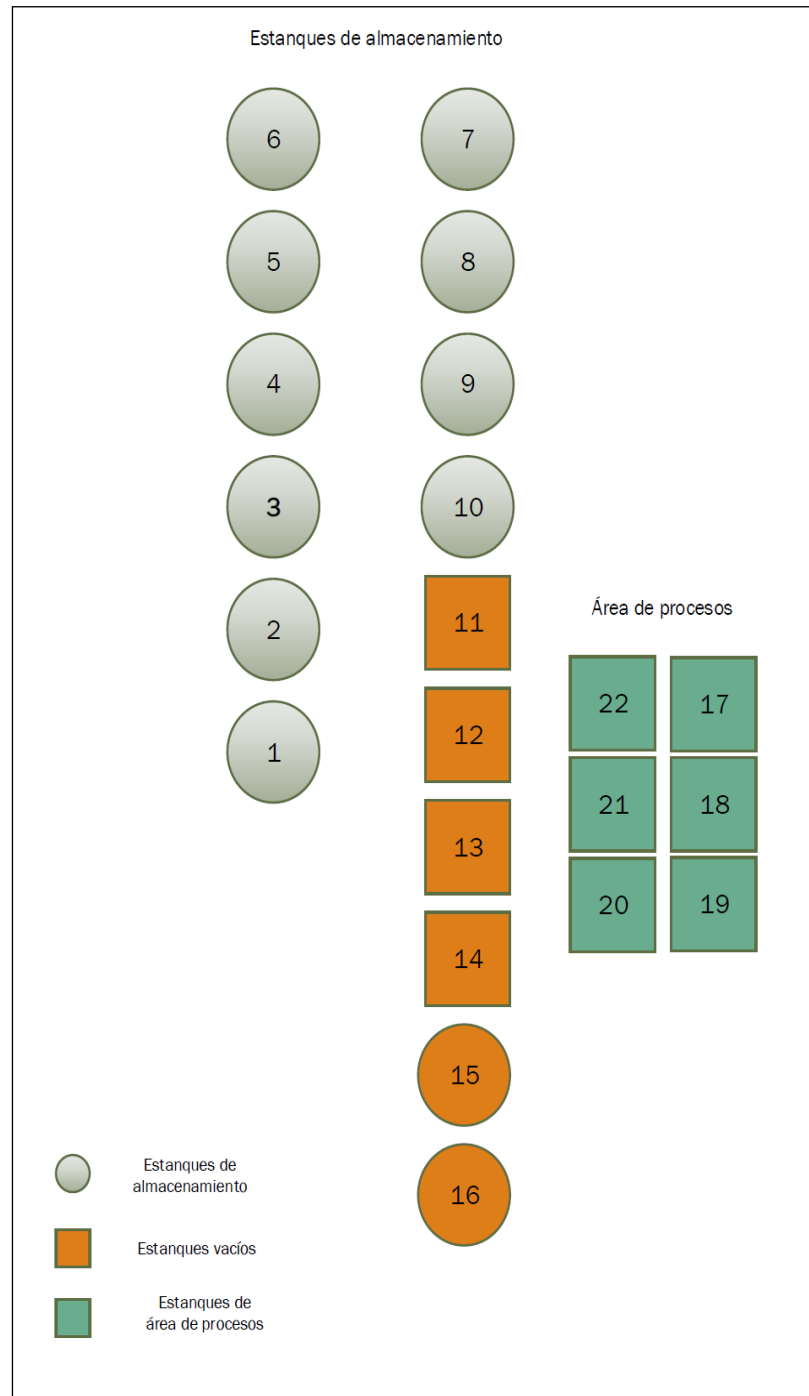
Fuente: Passol.cl

Figura 1-6. Tambor restaurado

La figura 1-6 corresponde a un tambor nuevo de la empresa Passol.

1.3. ÁREA DE ALMACENAMIENTO

A continuación, en el diagrama 1-2 se mostrará un layout de los estanques que se encuentran en la planta productiva de la empresa, estos estanques tienen diferentes dimensiones y productos almacenados.



Fuente: elaboración propia, disposición de estanques

Diagrama 1-2 Layout de estanques

Para fabricar todos los productos de Passol es necesaria una gran cantidad de materia prima, las cuales deben almacenarse en lugares aptos para así evitar filtraciones al medio ambiente. La materia prima se almacena en estanques verticales de gran capacidad, los estanques en los cuales se almacena la materia prima es de forma cilíndrica, pero en el mismo sitio se encuentran estanques cuadrados que pertenecen a estanques del área de producción.

Los estanques que se simbolizan con un círculo, de color gris, y que están enumerados del 1 al 10 son aquellos donde se almacena la materia prima, en los cuales podemos encontrar:

- Tolueno
- Solvente industrial
- Xilol
- Aguarrás

Los estanques señalados con color naranja, que se están enumerados del 11 al 16, en los cuales se encuentran estanques cuadrados y cilíndricos, se encuentran vacíos.

Los estanques cuadrados que están en la esquina inferior derecha, que están numerados del 17 al 22, se encuentran en el área de procesos, en ellos se vierte el producto finalizado para posteriormente realizar el envasado correspondiente. En la figura 1-7 se verá reflejado el estanque N° 7.



Fuente: Elaboración propia, estanque acumulación

Figura 1-7. Estanque cilíndrico

También existen otros estanques en otra área de la empresa, como se muestra en la figura 1-8, los cuales están nuevos y nunca se han utilizado, fueron creados a comienzos del año 2016 y ahí debería almacenarse resina alquídica, su contenido volumétrico es inferior a los demás estanques de almacenamiento.



Fuente: Elaboración propia, estanco nuevo

Figura 1-8. Estanco de resina Alquídica

1.4. **PROBLEMÁTICA**

La problemática que presenta la empresa con respecto a los estanques de almacenamiento es que como su construcción fue en el año 1976, en Chile no existía una norma que regulara la construcción de estanques de almacenamiento, entonces la persona que los fabricó los confeccionó bajo su criterio.

Con el pasar de los años se perdieron todos los registros de la fabricación de los estanques, no existe ningún plano en el cual ver las medidas de dichos estanques, el acero del cual está construido, ni ningún dato que nos pueda dar alguna noción de las propiedades que tiene el acero en cuestión.

Además, la empresa no cuenta con ningún tipo de mantenimiento para su área de almacenamiento, en ésta se encuentran los estanques, válvulas que dan el paso a la materia prima hacia el área de producción, las cañerías de rociadores que se encuentran por sobre

los estanques que cumplen una doble funcionalidad, las cuales son evitar la elevación de temperatura en las épocas del año más calurosas ya sea primavera o verano, como también mitigar en algún grado el fuego si en alguno de sus estanques se produjese.

Solo existe un sistema de mitigación para los estanques que es pintarlos cada cierto tiempo, este sistema que tiene la empresa no es muy efectivo, ya que cada vez que se pintan los estanques no se realiza la limpieza previa del estanque solo se limitan a pintarlos sobre la capa de pintura que ya existe.

El procedimiento que realizan es perjudicial para el estanque, ya que la corrosión que ya es presente en algunos estanques avanza de manera silenciosa ya que la capa de pintura nueva cubre las señales de corrosión, por ende, como por su exterior el estanque se ve en buenas condiciones la realidad es totalmente contraria y se omite realizar un mantenimiento mayor en dichos estanques.

Los rociadores mencionados anteriormente solo empeoran la situación ya que estos presentan fugas y los estanques estarían sometidos día y noche a los estragos que produce el agua en los materiales ferrosos.

Corrosión se puede definir como la reacción química que se produce en los materiales ferrosos al entrar en contacto con el oxígeno, este proceso se aceleran cuando también entra en contacto el agua y/o también en un ambiente salino como lo es ciudades costeras.

Viña del Mar es una ciudad costera, por lo cual la salinidad del aire es mucho mayor que en ciudades del interior de Valparaíso, la ubicación de los estanques se encuentra en el salto, lo cual agrega este factor no menor.

Hasta ahora tenemos los tres factores que influyen en la corrosión de un material ferroso, oxígeno, agua, ambiente salino.



Fuente: Elaboración propia, estanques acumulación

Figura 1-9. Vista central de estanques

En la parte superior de la figura 1-9 se puede observar obscurecimiento de la pintura, un tanto rojizo, esto es una de las primeras señales del proceso de corrosión, en otros estanques hay levantamiento de pintura, y desprendimiento de la pintura donde se puede observar claramente la corrosión producida durante los años.

A continuación, se reflejará el estado de los estanques, todo lo que se debe tener en cuenta para realizar el plan de mantenimiento, toda esta información será incluida en el siguiente Check list de la figura 1-10.

CHECK LIST DE ESTADO DE ESTANQUES				
EMPRESA: PASSOL S.A.			INSPECTOR: FABIÁN BAEZA	
ÁREA: ALMACENAMIENTO MATERIA PRIMA			FECHA: 17/10/2016	
N°	ASPECTOS	SI	NO	OBSERVACIONES
1	Se observa corrosión	✓		
2	Existen fugas en cañerías de rociadores de estanques		✓	
3	Existen espacios sin pintura en los estanques	✓		
4	Existen fugas de materia prima en los estanques		✓	
5	Existen estanques golpeados	✓		
6	Se identifica el contenido de cada estanque	✓		
7	Existe algún estanque en deterioro total		✓	
8	Los techos de los estanques están en buenas condiciones	✓		
9	Se observan uniones de soldadura fracturadas		✓	

Fuente: Elaboración propia, en base a problemáticas.

Figura 1-10. Check list de estado de estanques

1.4.1. Soluciones

Para combatir la problemática se deben exponer las soluciones que se adecuen a las necesidades de la empresa, ya sea en costos, tiempos de trabajo e impacto en la producción.

Para lograr una solución final a este problema se confeccionará un mantenimiento correctivo abordando la problemática de los estanques y de la red de rociadores.

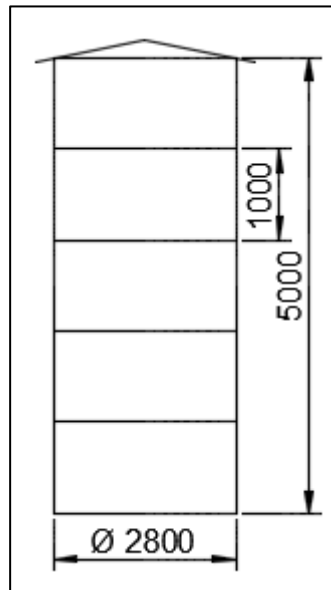
La incertidumbre de no saber la dimensión de pared de los estanques no es menor, ya que si no se sabe dicha medida no se puede garantizar si los estanques cumplen o no la norma establecida para la fabricación de estanques, la cual es API 650.

Para realizar dicha medición y además la medición de la capa de pintura de los estanques utilizaremos tecnología de última generación, la cual será proporcionada por el departamento de mecánica de la Universidad Federico Santa María- sede Viña del mar

CAPÍTULO 2: MEDICIÓN DE ESTANQUES

2.1 DISEÑO DE ESTANQUES

Los estanques están diseñados por planchas de acero, que se dividen en secciones horizontales soldadas, la altura y los diámetros de los estanques varían dependiendo del estanque, cada uno de los estanques cuentan con una tapa del mismo material.



Fuente: creación propia, estanques acumulación

Figura 2-1. Croquis de estanques.

En la figura 2-1 muestra un croquis de un estanque el cual tiene las medidas en mm.

Las uniones de las planchas están soldadas horizontalmente, la longitud de las secciones es de 1 metro, y este estanque en particular tiene 5 secciones las cuales dan una longitud total de 5 m de altura, el diámetro del estanque es de 2.8 m.

También hay estanques en mayor capacidad volumétrica, o sea las medidas. del croquis en los estanques de mayor capacidad serán distintos.

Los estanques están fabricados solo para el almacenamiento de productos químicos, esto quiere decir que son elaborados para resistir la presión de la propia materia prima. Los productos en el interior no son corrosivos para el metal, por lo cual los estanques solo están sometidos a corrosión por la parte externa del estanque, existe una pequeña probabilidad de que la materia prima se contamine con agua, pero el proceso de llenado de estanques es por cañerías por parte de un camión aljibe y su proceso es

controlado para que no hubiese contaminación para evitar al máximo la corrosión al interior del estanque.

2.1. MEDICIÓN DE ESPESOR A ESTANQUES

La planta productiva cuenta con 12 estanques cilíndricos de 25m³, 30m³ y 37 m³ en los cuales se almacenan distintos productos químicos tales como: Tolueno, Aguarrás, Xilol y solvente industrial, en la figura 2-2 se observa una panorámica de los estanques presentes en la planta productiva.



Fuente: Elaboración propia, estanques cilíndricos

Figura 2-2. Estancos de almacenamiento.

A continuación, se dará a conocer el proceso de medición de los distintos estanques que se encuentran en la planta productiva.

El equipo utilizado para realizar las mediciones es un medidor de espesor de pared de la marca GE inspection & technologies, modelo DM5E. Este equipo mide espesores, por lo que es idóneo para nuestro trabajo, ya que el deterioro es visible en algunos estanques debido a la nula mantención realizada por parte de la empresa.

El funcionamiento de este medidor de espesores es por ondas de ultrasonidos, se determina por tabla la rapidez de la onda de propagación del material a medir y cuando la

velocidad de propagación varía por motivos de cambio de densidad, la señal se devuelve arrojando así la longitud que alcanzo hasta encontrar la variación de material.



Fuente: gemeanurement.com

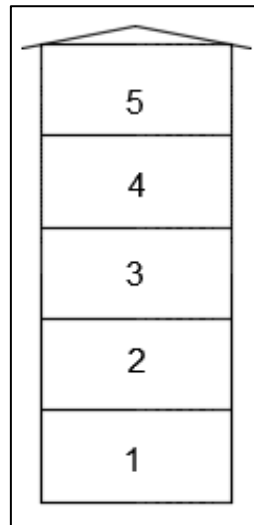
Figura 2-3. Medidor de espesor de pared DM5E

El uso de este equipo es relativamente fácil, solo se necesita un conocimiento básico de ensayos no destructivos.

- Se comienza encendiendo el equipo y calibrándolo según la velocidad de propagación del sonido del material a medir, (la cual se puede encontrar en el manual del usuario del mismo equipo)
- Luego se instala el transductor que es el elemento que entrara en contacto con la pieza a medir.
- Después de los pasos anteriores se debe limpiar el área a medir y se debe agregar unas gotas de glicerina.
- Luego se debe posar el transductor en el área previamente procesada.
- Se espera el resultado que entrega instrumento, este es en milímetros (mm)
- Se debe realizar la medición 3 veces para corroborar resultados.

La medición de los estanques se realizó de manera vertical en cada una de las secciones de este, con la ayuda de un cargador frontal, en el cual en sus paletas se le instalo una base para que se pueda subir y así el cargador elevar esta base y poder obtener la medición, logramos medir las 5 secciones, pero solo de algunos estanques ya que por espacio o porque había productos en acopio no se pudo realizar las mediciones a todos los estanques.

Para los estanques en el cual no se pudo utilizar el cargador frontal, se utilizó una escalera, pero solo se logró medir hasta la sección número 3, ya que eran espacios reducidos y con altura por sobre los 3 metros, por condiciones de seguridad el prevencionista de riesgos a cargo no dio autorización para utilizar la escalera y lograr medir las 2 secciones restantes.



Fuente: elaboración propia, secciones de estanques

Figura 2-4. Croquis de secciones de estanque

Los puntos de mediciones son los simbolizados como números enteros (1,2,3,4,5). El numero 1 es la sección que se encuentra en la base del estanque y los siguientes números son las secciones superiores a él. Las denominadas secciones son planchas de acero de 1 metro de ancho, el cual es unida a la sección siguiente por medio de soldaduras.

En las siguientes tablas se verán reflejadas las mediciones de espesores de los estanques N° 4 al N°8

Tabla 2-1. Medición espesor estanque N°4

Punto de medición		
1	Min.	6,52 mm
	Max.	6,71 mm
2	Min.	6,31 mm

	Max.	6,78 mm
3	Min.	6,59 mm
	Max.	6,61 mm

Fuente: Elaboración propia, estanque de almacenamiento

Tabla 2-2. Medición espesor estanque N°5

Punto de medición		
1	Min.	6,25 mm
	Max.	6,62 mm
2	Min.	6,37 mm
	Max.	6,83 mm
3	Min.	6,78 mm
	Max.	6,70 mm

Fuente: Elaboración propia, estanque de almacenamiento

Tabla 2-3. Medición espesor estanque N°6

Punto de medición		
1	Min.	6,64 mm
	Max.	6,62 mm
2	Min.	6,48 mm
	Max.	6,92 mm
3	Min.	6,43 mm
	Max.	6,86 mm
4	Min.	6,64 mm
	Max.	6,67 mm
5	Min.	6,48 mm
	Max.	6,71 mm

Fuente: Elaboración propia, estanque de almacenamiento

Tabla 2-4. Medición espesor estanque N°7

Punto de medición		
1	Min.	4,19 mm
	Max.	6,97 mm
2	Min.	6,43 mm
	Max.	6,74 mm
3	Min.	6,24 mm
	Max.	6,71 mm
4	Min.	6,51 mm
	Max.	6,73 mm
5	Min.	6,34 mm
	Max.	6,57 mm

Fuente: Elaboración propia, estanque de almacenamiento

Tabla 2-5. Medición espesor estanque N°8

Punto de medición		
1	Min.	6,45 mm
	Max.	6,81 mm
2	Min.	7,52 mm
	Max.	7,53 mm
3	Min.	6,55 mm
	Max.	6,93 mm
4	Min.	6,61 mm
	Max.	7,16 mm
5	Min.	7,78 mm
	Max.	7,78 mm

Fuente: Elaboración propia, estanque de almacenamiento

2.2.1. Medición de espesor de techo

También se realizó la medición del espesor del techo, ya que este espesor también esta normado por API 650. En la siguiente tabla 2-6, se verá reflejado la medición de espesores del techo de los estanques.

Tabla 2-6. Medición espesor techo

Estanque N°	Valores
4	Min: 6,31 mm Max: 6,35 mm
5	Min: 6,20 mm Max: 6,80 mm
6	Min: 6,28 mm Max: 6,53 mm
7	Min: 6,42 mm Max: 6,64 mm
8	Min: 6,14 mm Max: 6,58 mm

Fuente: Elaboración propia, medición espesor de techo

2.2. MEDICIÓN DE RECUBRIMIENTO

Para realizar esta medición es necesario un medidor de recubrimiento, en este caso se utilizará un instrumento de marca TIME, modelo TT210, reflejado en la figura 2-5.



Fuente: meldic.cl

Figura 2-5. Medidor de recubrimiento

El principio de operación de este equipo es por Inducción Magnética (ferroso) y Corrientes de Eddy (no ferroso), según el tipo de recubrimiento que posea el elemento a medir, y que el equipo lo realiza de forma automática.

Para utilizarlo el medidor de recubrimiento solo es necesario encenderlo y posteriormente posarlo en el área de medición, los resultados entregados serán en μm (micrómetro). La medición del recubrimiento se realizó en las 3 primeras secciones de los estanques, ya que por su altura no se pudo realizar la medición en las zonas más altas por motivos de seguridad ya que no había disponible un cargador frontal y el prevencionista a cargo no dio el permiso para utilizar una escalera, se realizó 6 muestras alrededor del estanque para así comparar los resultados por secciones, estos resultados se verán reflejados desde la tabla 2-7 hasta la tabla 2-11.

Tabla 2-7. Medición recubrimiento estanque N°4

1° sección	2° sección	3° sección
815 μm	1034 μm	1095 μm
789 μm	795 μm	961 μm
762 μm	865 μm	931 μm
951 μm	932 μm	873 μm
765 μm	892 μm	974 μm
890 μm	987 μm	732 μm

Fuente: Elaboración propia, estanque cilíndrico

Tabla 2-8. Medición recubrimiento estanque N°5

1° sección	2° sección	3° sección
934 μm	9501 μm	821 μm
1032 μm	781 μm	934 μm
965 μm	968 μm	941 μm
1135 μm	973 μm	992 μm
876 μm	1091 μm	976 μm
795 μm	923 μm	1034 μm

Fuente: Elaboración propia, estanque de almacenamiento

Tabla 2-9. Medición recubrimiento estanque N°6

1° sección	2° sección	3° sección
905 μm	1137 μm	948 μm
978 μm	1218 μm	1106 μm
1276 μm	1107 μm	929 μm
881 μm	916 μm	1011 μm
925 μm	936 μm	1066 μm
830 μm	912 μm	1005 μm

Fuente: Elaboración propia, estanque de aguarrás

Tabla 2-10. Medición recubrimiento estanque N°7

1° sección	2° sección	3° sección
1086 μm	830 μm	871 μm
1037 μm	946 μm	821 μm
921 μm	815 μm	755 μm
1053 μm	1080 μm	847 μm
1014 μm	909 μm	956 μm
994 μm	1081 μm	1001 μm

Fuente: Elaboración propia, estanque de Xilol

Tabla 2-11. Medición recubrimiento estanque N°8

1° sección	2° sección	3° sección
851 μm	864 μm	894 μm
720 μm	741 μm	806 μm
828 μm	822 μm	840 μm
753 μm	877 μm	899 μm
856 μm	876 μm	932 μm
747 μm	747 μm	1040 μm

Fuente: Elaboración propia, estanque de Tolueno

2.3. ENSAYO DE DUREZA

Con el objetivo de determinar el tipo de acero perteneciente al manto de los estanques se realizó un ensayo de dureza, realizando este ensayo se tendrá una noción de las propiedades mecánicas del acero en cuestión.

Para esto se utilizó un durómetro digital Rocky TH-160, evidenciado en la figura 2-6, el cual es portátil y puede entregar los valores en distintas escalas de dureza, dependiendo del material. Además, el equipo puede imprimir el resultado al momento de la medición.



Fuente: clarosinst.com.ar

Figura 2-6. Durómetro digital

El principio de medición de este durómetro es calculando la diferencia de velocidades de rebote de un cuerpo, en este caso es una pequeña esfera de acero. Esta pequeña esfera es lanzada por un pequeño muelle o resorte que se encuentra al interior del lápiz (es el elemento que entra en contacto con la pieza a realizar el ensayo). Diesmar Leeb creó este sistema de medición en el año 1978, de donde también creo la escala de dureza Leeb (HL)

Pasos a seguir para utilizar el equipo:

- Enchufar el cable del ensayo a la consola, denominado “lápiz”
- Oprimir el botón de “ON”.
- El equipo requerirá ser calibrado, para esto se necesitará el calibre, que es un cilindro metálico que se encuentra en la maleta junto con el equipo de dureza.

- Para realizar la medición de calibración, se instala la boquilla de manera vertical, luego se sostiene firme de la base de la boquilla contra el calibre, se desliza hasta abajo la parte móvil del lápiz que luego de soltarla vuelve a su posición original, y finalmente se aprieta un botón que se encuentra en la parte superior del lápiz.
- Se realiza la operación anterior 5 veces para que el equipo este calibrado perfectamente.
- Luego el instrumento de medición ingresara solo al menú inicio.
- Posteriormente se debe oprimir el botón “menú” para ir a los parámetros de medición, en los cuales se debe editar ESCALA DE DUREZA; MATERIAL y POSICION DE MEDICION.
- Se debe apretar el botón “enter” en la opción de “escala”, y se debe elegir la escala de dureza en la cual quiere que el instrumento arroje el resultado, ya sea HL, HRC, HRB, HRA, HV, HB, HS, en este parámetro se selecciona HB. luego se presiona enter.
- Luego en la se debe presionar enter en la opción de “material”, aparece una lista de los materiales más conocidos, acero al carbono. Acero inoxidable, bronce, etc., se selecciona la opción de acero al carbono y luego se presiona enter
- Posteriormente se debe presionar “enter” en la opción de “posición de medición”, aparecen varias opciones tales como, horizontal, vertical ascendente, vertical descendente, y automático. Se selecciona la opción de horizontal, y se presiona enter.”
- Igualmente se debe elegir el número de veces en el cual se realizará la medición, lo recomendado es 3 veces, lo cual viene programado por fabrica, así que no es necesario editar ese parámetro.
- Luego de editar todos los parámetros de medición, se debe presionar la tecla “escape”
- Después de realizar todos los pasos anteriores, se procede a realizar la medición.
- Se posa el lápiz de la base y luego se desliza la parte móvil, posteriormente se suelta la parte móvil devolviéndose al punto original, y luego se presiona un botón que está en la parte superior del lápiz. Se realiza este procedimiento 3 veces en diferentes partes del estanque.
- Luego de las 3 mediciones el equipo promedia los resultados y entrega el valor promediado, el cual con tan solo apretar el botón “print” el equipo procederá a imprimir el resultado.

Como no se sabe a ciencia cierta el tipo de acero empleado en el año 1976 para fabricar el manto de los estanques, hoy con la dureza se puede determinar el tipo de acero al que nos enfrentamos con las normativas SAE o AISI.

El resultado obtenido en las mediciones de dureza es de 122 HB (escala Brinell), Con este valor se tiene una referencia del tipo de acero en la tabla 2-12.

Tabla 2-12. Propiedades mecánicas de acero al carbono

N° SAE o AISI	Resistencia a la tracción Rm		Límite de fluencia Re		Alargamiento en 50 mm %	Dureza Brinell
	Kgf / mm ²	Mpa	Kgf/mm ²	Mpa		
1010	40,0	392,3	30,2	292,2	39	109
1015	42,9	420,7	32,0	313,8	39	126
1020	45,8	449,1	33,8	331,5	36	143
1025	50,1	491,3	34,5	338,3	34	161
1030	56,3	552,1	35,2	345,2	32	179

Fuente: descom.jmc.utfsm.cl

Analizando la tabla con el resultado de dureza medido, se puede inferir que el tipo de acero empleado para la fabricación del manto de los estanques de almacenamiento es de tipo SAE 1015.

La norma SAE explica que un acero 1015 es un acero sin aleación y contiene un 0.15% de carbono, a estos tipos de acero se les denomina acero blando o acero dulce. Entre sus propiedades se puede encontrar su maquinabilidad, maleabilidad, etc.

Este tipo de acero es muy bueno para llevarlo a tratamientos térmicos, tienen buenas cualidades para la deformación, además de las propiedades nombradas, también es un muy buen acero para soldadura.

2.5. NORMA API 650

La norma API 650 está formada por la experiencia de miles de fabricantes y usuarios a lo largo del mundo, para el diseño y fabricación de tanques de petróleo, pero esta norma no solo se limita al uso estricto de petróleo, además el fluido que puede contener estos tanques puede ser agua, solventes y distintos derivados del petróleo. Esta

norma es exclusivamente para tanques a presión atmosférica y con presiones inferiores a 2.5 psi.

El termino correcto para denominar este tipo de construcciones es estanque cilíndrico vertical, generalmente como son construcciones verticales, las personas lo denominan “silo”, la diferencia es que a esta última se le almacena productos sólidos, por ejemplo, aserrín, semillas, chip de madera, etc.

La norma API 650 regula el diseño de estanques verticales soldados, esto quiere decir que existen ecuaciones para determinar el espesor de pared del estanque a fabricar según datos del propio estanque, por ejemplo, el diámetro, volumen del estanque, etcétera. También recomienda el tipo de uniones soldadas para cada tipo de estanques, el tipo de techo, tipo de fondo, entre otros

2.5.1. Manto del estanque

Se denomina manto a toda la periferia vertical del estanque, dicho manto debe tener un espesor mínimo dependiendo de las medidas del estanque a fabricar. Existe una ecuación entregada por la propia norma API 650 para calcular el manto.

$$T = \frac{2.6 * D * (H - 1) * G}{0.85 * 21000}$$

Dónde: T : Espesor mínimo manto (pulgada)
 D : Diámetro del estanque (pies)
 H : Altura del estanque (pies)
 G : Peso específico del fluido, Siempre que sea mayor a 1

También para ahorrar el trabajo de cálculo, la misma norma entrega una tabla con espesores mínimos recomendados según el diámetro des estanque.

Tabla 2-13. Tabla Espesor mínimo según diámetro

Diámetro nominal del tanque		Espesor nominal de lámina	
(m)	(ft)	(mm)	(in)
< 15	< 50	5	3/16
15 hasta < 36	50 hasta < 120	6	1/4
36 hasta 60	120 hasta 200	8	5/16
> 60	> 200	10	3/8

Fuente: Norma API 650

En la tabla 2-13 el espesor mostrado puede ser mayor para dar así un factor de seguridad, pero en ningún caso este debe ser menor.

Las Mediciones realizadas a los estanques de almacenamiento, los valores fluctúan entre 6 y 7 mm de espesor. Esto quiere decir que para el manto los estanques medidos cumplen con la norma nombrada.

2.5.2. Uniones Soldadas

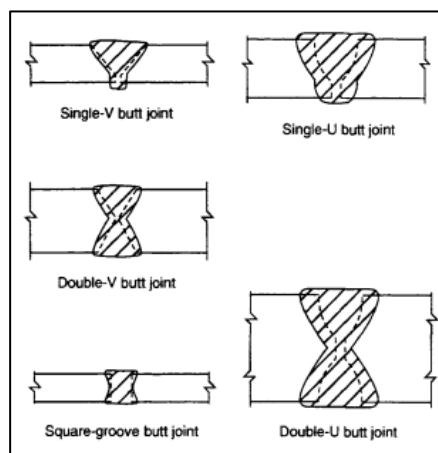
Las uniones son aquellas juntas que se realizan para unir 2 secciones de metal, anterior a las uniones soldadas se utilizaban uniones remachadas. A continuación, se mostrarán el tipo de uniones que admite la norma en cuestión.

Para la clasificación de procedimientos de soldadura, la norma API 650 hace alusión al código ASME sección XI, en el cual existen tablas extensas en cada caso.

2.5.2.1. Uniones Verticales

Las uniones deben ser de penetración y fusión completa, se realiza con el objetivo de obtener homogeneidad entre soldadura y acero.

Se puede elegir entre las siguientes opciones plasmadas en la figura 2-7 para realizar la soldadura a tope, pero con la condición que sea con penetración y fusión completa.



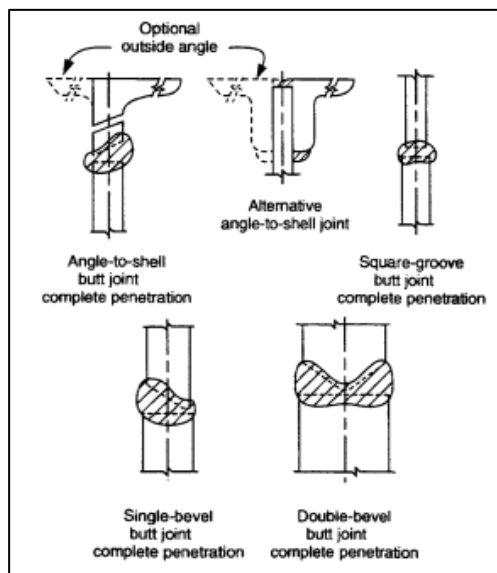
Fuente: Norma API 650

Figura 2-7. Tipos de juntas a tope horizontal

Las juntas observadas en los estanques de almacenamiento son de “v” simple, ya que solo se puede observar desde el exterior

2.5.2.2 Uniones horizontales

En este tipo de uniones se deben hacer con el mismo objetivo de las uniones verticales, esto quiere decir con penetración y fusión completa. Los tipos de uniones horizontales están en la figura 2-8.



Fuente: Norma API 650

Figura 2-8. Tipos de juntas a tope horizontal

A menos que se especifique lo contrario las juntas horizontales a tope siempre deben tener el eje vertical común.

El tipo de junta que se observó en las uniones de los estanques de almacenamiento tanto como para uniones verticales como horizontales fue de simple bisel, ya que solo se puede observar del exterior del estanque.

2.5.3. Techo

El diseño del techo del estanque puede ser de la siguiente forma:

- Techo cónico soportado: Se caracteriza por utilizar vigas y columnas para soportar el techo

- Techo cónico auto-soportado: Como nombre lo indica el propio estanque lo soporta, y es soldado en la periferia.
- Techo con forma de cúpula: Es una especie de semiesfera que solo es soportado por el estanque,
- Techo de paraguas auto-soportado: Domo modificado que de igual manera es soportado por el estanque.

En cualquiera de estos casos el espesor del techo deber ser como mínimo de 4.8mm.

El techo que se encontraba en los estanques de almacenamiento de la planta productiva era de tipo techo cónico auto-soportado, con un espesor medido que supera los 6 mm.

2.5.4. Fondo

Para el diseño del fondo del estanque todas las juntas deben ser traslapadas, con un traslape mínimo de 30mm y una soldadura continua de filete

Las costuras radiales del anillo de planchas exterior tienen que ser unidas a tope con una pestaña inferior de 5 mm de espesor y la separación entre las planchas debe ser de 13 mm, relleno este espacio en terreno con soldadura.

En el caso de los estanques de almacenamiento de Passol por motivos alta producción todos los estanques estaban con materia prima en su interior, lo cual era imposible el ingreso al interior del estanque.

Se le realizó una interrogante al prevencionista de riesgo si existe alguna posibilidad de ingresar cuando algún estanque estuviera sin materia prima, el prevencionista a cargo informó que era imposible ya que estos estanques se tendrían que someter a ventilación abierta por un periodo mínimo de 3 días para evitar problemas de salud al ingresar, pero esto afectaría a la producción, por lo tanto, resulto en una negativa para realizar el ingreso.

2.5.5. Tabla de partes de estanques versus norma API 650

Según lo nombrado de los puntos anteriores se comprará las partes de un estanque bajo la normativa API 650 y los estanques de almacenamientos presentes en la planta productiva de la empresa Passol.

Tabla 2-14. Tabla cumplimiento de norma

	Tanques de almacenamiento	Cumple norma API 650
Manto	Espesor > 6 mm	SI
Techo	Cónico auto-soportado	SI
Unión vertical	A tope con bisel	SI
Unión horizontal	A tope con bisel	SI
Fondo	No conocido	No Conocido

Fuente: Elaboración propia en base a norma API 650

En base a lo mencionado en la tabla 2-12, se concluye que los estanques a los cuales se les realizaron las mediciones, según norma API 650, todos los estanques cumplen con la normativa vigente para estanques de almacenamiento de productos químicos a presión atmosférica, tanto para el techo, uniones y manto, a excepción del fondo del estanque que no es conocido, ya que por seguridad no se tuvo acceso al interior de los estanques.

CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTIMIENTO

3.1. ELECCIÓN DE MAQUINARIA PARA REALIZAR LA LIMPIEZA DE ESTANQUES

En el presente capítulo se aborda diferentes opciones de limpieza para los estanques y se elegirá el más adecuado a las necesidades de la empresa, los factores para determinar dicho mantenimiento serán:

- ✓ Costos
- ✓ Factibilidad del trabajo en terreno
- ✓ Tiempos de operación del trabajo

El problema más recurrente encontrado en todos los estanques es que hay algún grado de corrosión debido a la capa de pintura que se ha ido acumulando durante años, en el cual la pintura se ha ido formando globos de aire, el cual da paso a la corrosión.

Para esto se necesita retirar toda la capa de pintura de todos los estanques y a continuación se darán opciones para luego elegir los más factibles según los factores nombrados al principio

3.1.1. Granallado de estanques

El proceso de granallado es un proceso de limpieza superficial por impacto, en el cual se utilizan partículas de metal esféricas.

El proceso de granallado comienza con la acumulación de granalla, luego estas partículas son transportadas a alta presión por medio de mangueras que llevan la granalla hasta una boquilla la cual lanza el chorro a alta presión con estas partículas de metal hasta la pieza a ser limpiada, estas partículas se observan en la figura 3-1.

Generalmente en la industria metalmeccánica se utiliza el aire comprimido como medio de alta presión.

El granallado aparte de ser un eficaz limpiador superficial, ya sea quitando óxido, pintura, aceites y además quitar tensiones superficiales de la pieza a granallar, también deja una excelente calidad superficial en términos de realizar un proceso posterior como el de pintura, esto quiere decir que como las esferas impactan sobre la pieza, este deja una rugosidad superficial elevada, lo que conlleva que la pintura u otro elemento químico que se utilice para prolongar la vida útil del material, como un anticorrosivo se adhiera de muy buena forma, evitando que con las condiciones climáticas ya sea agua, viento o sol, este químico se desprenda.



Fuente: shot-blasters.com

Figura 3-1. Granalla

Existen 2 tipos de granallado:

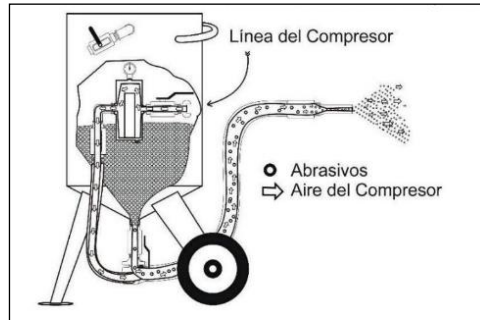
Granallado por turbina: Es un tipo de granallado el cual a partir de un motor que transforma la energía eléctrica en energía abrasiva cinética, lo lleva a cabo con una turbina especial la cual realiza la distribución de la granalla. Se puede observar en la figura 3-2.



Fuente: www.thefabricator.com

Figura 3-2. Granalladora de turbina

Granalladora con aire comprimido: Es la más versátil y la más utilizada en el mercado, su funcionamiento es el siguiente, hay un acumulador generalmente cilíndrico en el cual se almacena la granalla, en la parte inferior de este hay un tubo que da la salida del producto, a este tubo se le conecta una manquera que viene desde el compresor, y por presión el aire arrastra las partículas de granalla por medio de mangueras hasta la boquilla de difusión. Se puede observar en la figura 3-3.



Fuente: www.thefabricator.com

Figura 3-3. Granalladora con aire comprimido

Este tipo de granalladora al ser portátil tiene una ventaja sobre la granalladora de turbina, es por esa ventaja se utilizará este tipo de granalladora para realizar la comparación entre los distintos métodos para retirar la capa de pintura.

Desventajas del sistema de granallado:

- Los estanques a tratar son de 5 y de 6 metros de altura, lo que haría que el trabajo de granallado fuese muy contaminante para el medio ambiente, ya que las partículas de pintura serán elevadas quedando restos de pintura seca por todo el lugar, incluso en empresas contiguas a Passol, ya que la zona donde se encuentra la empresa es un barrio industrial.
- La desventaja mayúscula que tiene este sistema son las eventuales chispas que podría provocar el choque de la granalla que es metálica con el acero del estanque, ya que como los estanques contienen productos químicos inflamable esto podría ser catastrófico para la empresa.
- Para granallar se necesitan crear estructuras para evitar que las partículas contaminantes se esparzan por el lugar, pero costaría mucho tiempo en construir las.

3.1.2 Limpieza a estanques utilizando esmeril angular

Es una herramienta eléctrica, que tiene por finalidad el desbastar o cortar distintos tipos de materiales, mostrado en la figura 3-4, la herramienta realiza este trabajo por medio

de discos que van dispuestos en un eje que a su vez tiene una tuerca con la cual es apretado el disco, las revoluciones por minuto (RPM) de esta herramienta eléctrica vienen dadas según la potencia (W) y el tamaño en pulgadas del disco con el que trabajaremos. A mayor diámetro el disco menor revoluciones tendrá, pero requerirá mayor potencia.



Fuente: www.directindustry.es

Figura 3-4. Esmeril angular

Los discos pueden ser de dos tipos, de corte o de desbaste, los cuales también tienen diferentes usos, y por esto también son diferentes en su composición y en su espesor.

Los discos pueden ser fabricados a partir de carburo de silicio (para trabajar cerámicas y baldosas) y también de óxido de aluminio (para distintos tipos de metales).

Además, existen accesorios de limpieza los cuales se adaptan a los esmeriles angulares, como lo son las gradas o llamadas coloquialmente “chascones”, el cual se puede observar en la figura 3-5. Este accesorio va apretado con una tuerca al esmeril. Las gradas son conformadas de cerdas de acero, lo que los hace ideal para trabajos de limpiezas, ya sea removido corrosión, pintura, etc.



Fuente: www.directindustry.es

Figura 3-5 Grada de copa

3.1.3. Lijado de estanques

El lijado es el proceso más versátil y más barato para retirar pintura y/o corrosión de alguna pieza o equipo que lo requiera ya que una persona con conocimientos básicos puede realizar este procedimiento, antiguamente se realizaba el proceso solo con una lija, pero hoy en día existen varios equipos que nos ayudan a reducir el tiempo lijado, existen equipos neumáticos y eléctricos.

Lijadora neumática: Están en el mercado del inicio de 1990, es una máquina que utiliza aire comprimido para producir un movimiento de giro, estas son llamadas radiales, ya que el accesorio donde va dispuesto la lija gira en su centro. Al movimiento giratorio también se le agrega vibración lo que ayuda enormemente en su poder de abrasión. Esta máquina se puede observar en la figura 3-6.



Fuente: www.villar.cl

Figura 3-6 Lijadora neumática.

Las lijas son autoadhesivas y van dispuestas en un accesorio circular denominado plato el cual se muestra en la figura 3-7. Las lijas están graduadas según el tamaño del grano abrasivo, a menor número que indique la lija, el tamaño del grano y su poder abrasivo será mayor.



Fuente: discosabrasivos.net

Figura 3-7 Lija circular

Una de las cualidades de esta máquina es que es súper amigable con el medio ambiente, ya que posee un depósito donde almacena todo lo removido, en el caso de los estanques almacenaría el polvo de pintura extraída. En los casos anteriormente mencionados, la pintura removida era lanzada a alta velocidad al medio ambiente.

Como lo mencionamos anteriormente, el equipo que es fundamental para que esta máquina funcione es el compresor de aire.

Compresor de aire: es un equipo el cual desplaza fluido al igual que las bombas hidráulicas, pero en este caso no es agua el fluido que es desplazado, sino que es aire, el trabajo que realiza el compresor en el fluido lo convierte en energía de flujo, aumentando así su presión y energía cinética, con esto se puede inferir que no entra en la categoría de bombas, y es denominado máquina térmica, ya que, al elevarse la presión en el interior del estanque de acumulación del compresor, el fluido tiene un cambio apreciable de densidad y como ya lo hemos estudiado las bombas no trabajan con fluidos compresibles.

Existen una gran variedad de compresores que conforme la tecnología avanza también lo hacen estas máquinas térmicas para aumentar su rendimiento, existen compresores de desplazamiento positivo, compresores de pistón, compresores de embolo, compresores de tornillo, Etc.

3.1.4 Factores a considerar

Lo primordial en cualquier proceso es la seguridad, ya que en algunos procesos de limpieza es probable que se produzcan chispas

, como dentro de los estanques existen productos químicos de carácter inflamable, podría existir una probabilidad de generar una combustión. Es por esto que estos procesos que generen chispas hay que descartarlos categóricamente.

También otro factor a evaluar es la contaminación, como la limpieza de la capa de pintura es contaminante ya que la capa de pintura se desprendería en forma de polvo o en partículas de mayor tamaño, es por esto que necesitamos el procedimiento que contenga la mayor cantidad de partículas posibles, para así evitar que lleguen a el área de producción o empresas aledañas.

En uno de los procesos de limpieza antes mencionado se necesita de personal especializado para no dañar el manto de los estanques, pero esto conlleva a un gasto mayor.

Además, se considerará la rapidez del proceso, los costos de insumos y tipo de funcionamiento.

Tabla 3-1. Comparación entre procesos de limpieza.

	Granallado	Esmeril angular	Lijadora neumática
Eventuales chispas	SI	SI	NO
Posee acumulación de desechos	NO	NO	SI
Se requiere personal especializado	SI	NO	NO
Rapidez del proceso	ALTO	MEDIO	MEDIO
Costos de insumos	ALTO	BAJO	BAJO
Funcionamiento	Aire comprimido	Energía eléctrica	Aire comprimido

Fuente: Elaboración propia, factores a considerar en proceso de limpieza.

Mediante la tabla 3-1, se puede determinar que el proceso más idóneo a utilizar para realizar la limpieza de los estanques de la planta productiva de Passol es el método con lijadora neumática

3.2. PINTADO DE ESTANQUES

Luego de la limpieza de los estanques viene el proceso de pintado, el cual se realizará de la siguiente manera.

Pintado con aerógrafo: Es el proceso más rápido y versátil, sus partes son un pequeño estanque en el cual se dispone la pintura u algún otro producto, tiene una entrada de aire comprimido para que así la pintura salga a una alta velocidad por la boquilla del aerógrafo industrial.

Este procedimiento sirve para pintar desde piezas pequeñas, rejas, muebles, etcétera, además se utiliza este método en la industria automotriz y aérea gracias a su eficiencia.

La ventaja de este equipo es que la capa de pintura creada es homogénea a diferencia de una brocha convencional o un rodillo que tienden a dejar capas de pinturas irregulares, aumentando así la cantidad de pintura a utilizar y esto conlleva a aumentar los costos de pintado.

Se puede observar el aerógrafo en la figura 3-8.



Fuente: discosabrasivos.net

Figura 3-8 Aerógrafo industrial

Se realizará 2 procesos con aerógrafo, el primero será para arrojarle anticorrosivo, que como su nombre lo indica este le brindará una protección efectiva ante la corrosión y las inclemencias del tiempo.

El segundo proceso será el pintado propiamente tal, el cual tiene 2 objetivos, el primero dar una capa extra de protección al estanque, además de brindar una apariencia estética renovada y de orden en el área de almacenamiento.

3.3. PLANIFICACIÓN MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo ejecuta cuando falla un componente en alguna maquinaria y que limita el trabajo normal de la ésta, tiene el objetivo de cambiarla o repararla, es el mantenimiento más básico que existe.

Este tipo de mantenimiento puede ser contingente o planificado, la diferencia entre estos es que el mantenimiento contingente es el que se realiza cuando se produce la falla y el mantenimiento planificado, como su nombre lo indica es programado con el fin de anticiparse a las averías o fallas con respecto a experiencias anteriores.

En el caso de los estanques utilizaremos el mantenimiento correctivo contingente ya que hay fugas en cañerías, caída de la capa de pintura y corrosión. Pero además ya realizado este mantenimiento correctivo quedará constancia del trabajo realizado y se podrá ejecutar próximamente el mantenimiento correctivo planificado ya apareciendo

nuevamente las señales antes mencionadas para evitar el deterioro mayúsculo de los estanques de almacenamiento.

3.3.1 Plan de tareas

El plan de tareas se puede denominar como la cantidad de trabajos a realizar para lograr el plan de mantenimiento, en este se detalla la duración estimada y su prioridad para así obtener más información de las actividades a ejecutar.

Tabla 3-2. Plan de tareas

Descripción	Tiempo estimado (h)	Especificación	Prioridad
Limpieza de estanques	5:00:00	Cada estanque	Alta
Corregir fugas de cañerías de agua	5:00:00	Totalidad de cañerías	Media
Rociar anticorrosivo a estanques	0:45:00	Cada estanque	Alta
Pintado de estanques	0:45:00	Cada estanque	Alta

Fuente: Elaboración propia en base a tareas a realizar.

Existe una totalidad de 10 estanques cilíndricos verticales a los cuales se le realizará el presente mantenimiento correctivo, es por esto que en la tabla 3-2 en columna “tiempo estimado” se debe multiplicar el tiempo estimado por 10 para así tener el valor de la duración total de la actividad a realizar. La actividad “corrección de fugas en cañerías” el tiempo estimado es de la totalidad de las cañerías presentes en los estanques de almacenamiento.

3.3.2 Equipos necesarios

Los equipos necesarios son aquellos que se requieren para ejecutar el mantenimiento, como la empresa no cuenta con ningún equipo para realizar dicho mantenimiento, estos tendrán que ser adquiridos por Passol para realizar las actividades.

Compresor de tornillo rotativo: Este tipo de Compresor se caracteriza por utilizar 2 tornillos para comprimir el aire y la energía que necesita para su funcionamiento la extrae por método de combustión de diésel.

La ventaja que tiene este equipo ante un compresor eléctrico es su facilidad de uso en terreno, ya que un compresor eléctrico está limitado por su cable de alimentación y no tiene un flujo constante de fluido, que en este caso sería de aire, además los compresores eléctricos son generalmente de pistón, y no se encontró un compresor eléctrico que cumpla con las necesidades de trabajo que se necesita con solo la opción de arrendar, ya que solo estos equipos de mayor envergadura solo se vendían, y su valor era muy elevado alcanzando una cifra de \$1.849.990 por un compresor de 7,5 hp Schulz, valor cotizado en sodimac.cl.

Las características técnicas del compresor a utilizar se pueden observar en la tabla 3-3.

Tabla 3-3. Especificaciones técnicas

Marca	Sullair
Modelo	185 - 2 ruedas
Fabricante de moto	Caterpillar
Modelo motor	C2.2
potencia nominal	61 Hp
Cilindrada	2196 cc
Caudal entregado	5,2 m ³ /min
Presión nominal	7 bar
Consumo de combustible	Aprox. 9,5 litros/hora
Salidas de aire	2 salidas de ¾"

Fuente: Elaboración propia en base a especificaciones del compresor.

Lijadora neumática: Es un equipo que funciona con aire comprimido, el cual hace girar un plato en que se dispone una lija para quitar recubrimientos y corrosión, además cuentan algunos modelos con una pequeña bolsa, y su función primordial es guardar desechos para que no sean lanzador al medio ambiente.

Andamios: Son estructuras metálicas, las cuales se utilizan para trabajar en altura de forma segura.

Tabla 3-4. Equipos necesarios

Nombre	Fabricante	Modelo
Compresor tornillo rotativo	Sullair	185

Andamios	Tecno andamio	Tradicional
lijadora neumática orbital	Sioux	5" de plato con succión

Fuente: Elaboración propia en base a equipos necesarios.

En la tabla 3-4 se puede observar los equipos necesarios para realizar el mantenimiento.

3.3.3 Insumos

Los insumos se pueden definir como todos los artículos o productos que se utilizaran en realizar el plan de mantenimiento, generalmente los insumos son agotables entonces hay que realizar el cálculo lo más cercano a la realidad posible, para que así no falten cuando se esté ejecutando el plan de mantenimiento.

Cantidad de anticorrosivo: Para calcular la cantidad de anticorrosivo a utilizar se deben realizar algunas operaciones matemáticas. Primero se debe calcular la superficie del manto del estanque, y se aplica la siguiente ecuación.

$$A = \pi * \varnothing * h$$

Dónde:

- A : área del manto (m²)
- ∅ : Diámetro (m)
- h : altura (m)

$$A = \pi * 2.7 \text{ m} * 5 \text{ m} = 42.41 \text{ m}^2$$

Para calcular el área del techo se emplea la ecuación genérica de un cono y es la siguiente.

$$AL = \pi * r * g$$

Dónde:

- AL : área lateral (m²)
- r : radio de la base (m)
- g : longitud lateral (m)

$$AL = \pi * 1.45 * 1.60 = 7.2 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, la superficie total a pintar del estanque, del manto y el techo es la suma de estas dos.

$$AT = 42.41 \text{ m}^2 + 7.2 \text{ m}^2 = 49.61 \text{ m}^2$$

Un anticorrosivo estándar acabado ante rinde aproximadamente 13 a 15 m² por litro.

Ahora dividiendo la cantidad de superficie a pintar por la superficie que rinde el anticorrosivo, se podrá saber la cantidad de producto que se necesita.

$$\text{Cantidad anticorrosivo} = \frac{49.61 \text{ m}^2}{13 \frac{\text{m}^2}{\text{l}}} = 3.81 \text{ litros}$$

Multiplicando este valor por 10 que es la cantidad de estanques, dará el resultado total de producto.

$$\text{Anticorrosivo Total} = 3.81 * 10 = 38.1 \text{ litros}$$

A este valor se le aplicara un valor de 3 litros y se redondeara al entero superior ya que hay algunos estanques que varían en sus dimensiones, ahora la cantidad la cantidad de anticorrosivo será de 42 litros

Cantidad de pintura: Para las dos actividades, tanto para el pintado como para el anticorrosivo, la cantidad de superficie a pintar es la misma, entonces se utiliza los mismos valores de la superficie a pintar.

$$AT = AL + A = 49.61 \text{ m}^2$$

Un esmalte normal rinde aproximadamente 12 m² por litro, el este tipo de pintura es el que más rinde, y solo se necesita una mano de pintura para que el pintado quede de calidad.

Entonces, si se divide la cantidad de metros cuadrados a pintar por la cantidad de metros cúbicos que entrega el esmalte por litro, entregara el total de litros de pintura que se necesita para pintar el estanque.

$$\text{Cantidad de pintura} = \frac{49.61 \text{ m}^2}{12 \frac{\text{m}^2}{\text{l}}} = 4,13 \text{ litros}$$

La cantidad de esmalte a utilizar por estanque es de 4.13 litros, este valor multiplicado por 10 estanques dará la cantidad de pintura total a utilizar en el plan de mantenimiento.

$$\text{Pintura Total} = 4,13 * 10 = 41.3 \text{ litros}$$

A este valor se le aplicara un valor de 3 litros y se redondeara al entero superior ya que hay algunos estanques que varían en sus dimensiones, ahora la cantidad la cantidad de pintura será de 45 litros

Cantidad de aguarrás: Se emplea este producto mineral para disolver en la pintura y anticorrosivo, para que así el producto de estos quede con una viscosidad óptima para ser utilizada en el aerógrafo, generalmente la cantidad de aguarrás es en porcentaje y es la siguiente, 20% de aguarrás y 80% de pintura o anticorrosivo.

Entonces, como se utiliza el mismo porcentaje de aguarrás para ambos productos, se sumarán y luego se calculará el porcentaje de aguarrás que se requiere.

$$\text{Cantidad de aguarrás} = 42 + 45 = 87 \text{ litros}$$

$$\text{Cantidad de aguarrás} = 87 * 0.2 = 17.4$$

La cantidad de aguarrás a utilizar para diluirse en los productos de pintado es de 17.4 litros, para efectos de compra se redondea el resultado al entero superior, entonces 18 litros de aguarrás se requerirán.

Combustible: El compresor de tornillo marca Sullair funciona con diésel, y según las especificaciones técnicas de equipo este consume 2.5 galones por hora trabajada, ésta cifra transformada a litros da un valor de 9.46 litros

Según lo estimado, el tiempo para realizar las tareas a los estanques son los estipulados en la tabla 3-5.

Tabla 3-5. Tiempos de trabajo

Actividad	Tiempo unitario	Tiempo total
Limpieza de estanque	5:00:00 horas	50 horas
pintado con anticorrosivo	0:45:00 horas	7,5 horas
Pintado con Esmalte	0:45:00 horas	7,5 horas
	Total horas de trabajo	65 horas

Fuente: Elaboración propia en base a tiempo necesario.

Con el total de horas de trabajo se puede calcular el total de litros de combustible que se necesita para ejecutar el plan de mantenimiento.

$$\text{Cantidad de Combustible} = 65 * 9.46 = 614.9 \text{ litros}$$

Se redondea este resultado a 615 litros de combustible.

Se utilizarán 50 lijas circulares, 1 por cada sección de estanque, y son 10 estanques con 5 secciones cada uno.

Se necesita una de 15 metros para la distribución del aire, ya que la altura de los estanques es de 5 metros, y los metros restantes serán para alejar el compresor lo más posible para disminuir el ruido.

Se necesitan 4 acoples rápidos especificados en la tabla 3-6, para instalar la manquera al compresor y posteriormente a los equipos a utilizar.

Solo se requerirá 3 espátulas plásticas ya que estas son especiales al trabajo a realizar.

La lija para metal solo se necesitará un trozo de 9" x 11" ya que se utilizará para lijar las cañerías a soldar.

Los elementos para soldar las cañerías son en pocas cantidades ya que las cañerías a soldar y a restaurar no son todas.

En la tabla 3-6 se puede observar el total de insumos a utilizar en el plan de mantenimiento.

Tabla 3-6. Insumos

Nombre	Descripción	Cantidad	Se dispone en la empresa
Lija circular	Autoadhesivo 5"	50	NO
Manguera neumática	Uberman ¼" x 15 metros	1	NO
Aerógrafo industrial	Muzzi, Alta presión	1	NO
Acople rápido	Hembra hilo ¼"	1	NO
Acople rápido	Machito a hembra ¼"	2	NO
Acople	Hembra ¾" a hembra ¼"	1	NO
Espátula plástica	Plana dentada de 3"	3	NO
Combustible	Diésel	615	NO
Anticorrosivo	blanco	42 litros	SI
Pintura	blanca	45 litros	SI
Aguarrás	Genérico	18 litros	SI
Lija para metal	N°100 de 9" x 11"	1	NO
Marcador	Para metal, blanco	1	SI
Balde	5 litros de capacidad, vacío	2	SI
Estaño	550 gr	1	NO
Soplete	Portátil con gas butano	1	NO
Pasta para soldar	Indepp 250 gr	1	NO
Cinta de teflón	Topex ½" x 10 m	2	NO
Paños de limpieza	Paños regulares	3 kg	NO

Fuente: Elaboración propia en base a insumos a utilizar.

La empresa no cuenta con la mayoría de los insumos nombrados en la tabla 3-6, es por esto que debe adquirir los insumos que no dispone. Passol solo cuenta con insumos que su propia planta produce los cuales son pinturas, anticorrosivos y además baldes de almacenamiento de sus productos que son adquiridos externamente.

3.3.4 Herramientas

Acá se detallan las herramientas a utilizar a el programa de mantenimiento correctivo, dichas herramientas son de mucha importancia ya que ayudarán a ejecutar el plan e mantenimiento de manera efectiva.

Tabla 3-7. Herramientas


Nombre	Cantidad	Descripción
Llave stillson	2	10 pulgadas
Martillo	1	Carpintero
Llave Ajustable	2	8 pulgadas

Fuente: Elaboración propia en base a herramientas a utilizar

Las herramientas que se necesitan para realizar el plan de mantenimiento se encuentran en totalidad en la empresa, esto quiere decir que no se requiere comprar las herramientas que se necesitan plasmadas en la tabla 3-7.

3.3.5 Orden de trabajo

Una orden de trabajo corresponde a una serie de datos que se estampan de manera ordenada en una planilla, con el objetivo de reunir la mayor información para realizar alguna tarea de mantenimiento, en esta planilla se describe paso a paso las actividades para llegar a realizar dicha tarea de manera eficaz, ya que el personal a ejecutar esta orden de trabajo seguirá las actividades al pie de la letra para así evitar errores de ejecución. Esta planilla la fábrica el mando medio del área de mantenimiento, esto quiere decir que es fabricada por el supervisor de turno.

Fecha: <input type="text"/>		Orden de trabajo N° 0004																
Mantenimiento correctivo a estanques de almacenamiento																		
Tarea:	Duración	Estanque: N° 7																
Limpieza de estanques	5:00:00	Almacena: Xilol																
Supervisor:		Mecánico encargado:																
Actividades:		check																
1) Utilizar EPP, antiparras, overol, mascarilla, guantes y proteccion auditiva																		
2) Agregar combustible especificado a estanque del compresor																		
3) Encender Moto-compresor, esperar 5 minutos para que se acumule aire																		
4) Raspar pintura suelta de estanque con espátula plástica																		
5) Conectar manguera de alimentación neumatica de lijadora																		
6) Instalar lija en el plato de lijadora neumatica																		
7) Posar lijadora en la pared del estanque																		
8) Presionar palanca de accionamiento de lijadora																		
9) Realizar movimientos circulares con lijadora funcionando, hasta quitar completamente la pintura																		
10) Ejecutar este proceso a toda la superficie del estanque																		
11) Vaciar bolsa de aumulación de desechos cada vez que ésta se saturate con los desechos, retirando la bolsa del equipo neumatico																		
12) Desconectar lijadora de manguera de alimentación neumatica																		
13) Limpiar toda el área lijada con un paño																		
14) Para mover el andamio se debe cambiar de posición el freno																		
15) Guardar insumos y lijadora neumatica.																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Insumos</th> <th>Cantidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lija circular 5"</td> <td>5 unidades</td> </tr> <tr> <td>Espátula dentada 3"</td> <td>2 unidades</td> </tr> <tr> <td>Manguera con acoples</td> <td>1 unidad</td> </tr> <tr> <td>Paño de limpieza</td> <td>3 unidades</td> </tr> <tr> <td>Diesel</td> <td>47,3 litros</td> </tr> <tr> <td>Andamio traicional</td> <td>1 unidad</td> </tr> </tbody> </table>	Insumos	Cantidad	Lija circular 5"	5 unidades	Espátula dentada 3"	2 unidades	Manguera con acoples	1 unidad	Paño de limpieza	3 unidades	Diesel	47,3 litros	Andamio traicional	1 unidad	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Equipos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Compresor Sullair 185 CPM</td> </tr> <tr> <td>Lijadora Neumatica orbital 5"</td> </tr> </tbody> </table>	Equipos	Compresor Sullair 185 CPM	Lijadora Neumatica orbital 5"
Insumos	Cantidad																	
Lija circular 5"	5 unidades																	
Espátula dentada 3"	2 unidades																	
Manguera con acoples	1 unidad																	
Paño de limpieza	3 unidades																	
Diesel	47,3 litros																	
Andamio traicional	1 unidad																	
Equipos																		
Compresor Sullair 185 CPM																		
Lijadora Neumatica orbital 5"																		
Observaciones:																		
Firma supervisor	Firma Mecánico																	
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>																	

Fuente: Elaboración propia en base a tareas a realizar

Figura 3-9. Orden de trabajo para limpieza de estanque

En la figura 3-9 solo se muestra un ejemplo de las pautas de trabajo que se requiere para cumplir con el plan de mantenimiento, todas las ordenes de trabajo necesarias serán reflejadas en los anexos.

3.4. COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En los costos del mantenimiento se debe nombrar el valor de todos los insumos y equipos que se deben tener para realizar el plan de mantenimiento, todos los costos deben estar totalmente especificado y que no se omita ningún producto, estos se verán reflejados en la tabla 3-8.

Tabla 3-8. Costos de insumos

Nombre	Descripción	Código	Sitio	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Combustible	Diésel		Copec.cl	615 l	\$615	\$265.975
Lija circular	Autoadhesivo 5" n°100	437048366	Mercadolibre.cl	50	\$317,8	\$15.890
Manguera neumática	Uberman ¼" x 15 metros	102455-8	Sodimac.cl	1	\$11.990	\$11.990
Acople rápido	Hembra hilo ¼"	Usf20	Ferrenet.cl	1	\$2.000	\$2.000
Acople rápido	Machito a hembra ¼"	Upf20-1/4	Ferrenet.cl	2	\$1.000	\$2.000
Acople	Hembra ¾" a hembra ¼"		Airflex.cl	1	\$2.000	\$2.000
Aerógrafo industrial	Muzzi, Alta presión, 600ml	1512927	Sodimac.cl	1	\$29.490	\$29.490
Espátula Plástica	Plana dentada de 3"	14828-8	Sodimac.cl	3	\$750	\$2.250
Lija para metal	N°100 de 9" x 11"	760234	Sodimac.cl	1	\$360	\$360
Estaño	A 50 % de 500 gr	31191-X	Sodimac.cl	1	\$6.967	\$6.967
Soplete	Portátil con gas butano	64670-9	Sodimac.cl	1	\$13.190	\$13.190
Pasta para Soldar	Indepp 250 gr	31194-4	Sodimac.cl	1	\$1.590	\$1.590
Cinta de Teflón	Topex ½" x 10 m	6460-2	Sodimac.cl	2	\$490	\$980
Paños de Limpieza	Paños regulares 1 kg	7198-6	Sodimac.cl	3	\$3.990	\$15.960
Costo Total Insumos					\$370.642	

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones de insumos.

Todos los valores incluyen IVA, estos valores fueron extraídos de diferentes ferreterías online, dando como resultado un valor total de insumos de \$370.642, esto sin considerar los costos de pintura, anticorrosivo y aguarrás.

Passol como se dedica al rubro químico, produce los insumos anteriormente nombrados, y para poner en práctica sus propios productos la empresa los facilitara, para así además abaratar costos.

Tabla 3-9. Costos de equipos

Nombre	Descripción	Cantidad	Calidad	Días a arrendar	Valor unitario	Valor total
Compresor de tornillo	Sullair 185	1	Arrendar	8	\$53.550	\$428.400
Andamio	Tradicional Tecnoandamio	1	Arrendar	8	\$5.950	\$47.600
Lijadora neumática	Siux orbital 5"	1	Comprar	0	\$208.076	\$208.076
					Costo total equipos	\$648.076

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones de equipos.

En la tabla 3-9 todos los valores incluyen IVA, la lijadora neumática fue cotizada en www.villar.cl, la cotización del compresor de tornillo y el andamio será reflejado en los anexos.

El costo del mantenimiento ascendería a la suma de **\$1.018.718**, este valor no contempla el personal y los insumos que la empresa dispone, que ejecute el plan de mantenimiento, ya que en la empresa se dispone con personal del área de mecánica.

El costo del mantenimiento contemplando 1 mecánico para realizar el manteamiento, 1 ayudante de mecánico para colaborar con las labores, y agregando los valores de los productos químicos que empresa contribuirá serán los siguientes:

Tabla 3-10. Costos adicionales

Nombre	Cantidad	Subtotal	Total
Mecánico	8 días	\$16.660	\$133.280
Ayudante	8 días	\$11.660	\$93.280
Aguarrás	18 litros	\$1.118	\$20.124
Pintura	45 litros	\$4.495	\$202.275
Anticorrosivo	42 litros	\$4.050	\$170.100
Total		\$619.059	

Fuente: Elaboración propia en base a costos no mencionados.

Contabilizando el costo de los trabajadores que realizarán el mantenimiento y los insumos mencionados en la tabla 3-10, este ascendería a la suma **\$1.637.777**.

3.5. ¿CUANDO SE DEBEN REALIZAR LAS MEDICIONES?

Las mediciones de los distintos espesores de los estanques de almacenamiento, se deben realizar en cuanto se comience a notar los primeros signos de corrosión en estos, o en su defecto en el tiempo estipulado más adelante.

Las actividades de inspección visual, se deben realizar cada 6 meses, solo con la intención de observar si se encuentra corrosión y si se observan fugas en cañerías.

La medición de ultrasonido se debe realizar cada 2 años, para verificar la longitud de la pared del manto del estanque.

La medición de la capa de pintura, solo se debe realizar en el caso de que los estanques sean repintados, sin haber retirado la capa de pintura ya existente, la medición se debe realizar si la cantidad de repintado ha sido mayor o igual a 2 veces.

La norma API 650 no tiene definido cada cuanto realizar mediciones a sus estanques, ya que solo regula la fabricación, las mediciones dependerán del tipo de fluido, que contiene el estanque, esto quiere decir si es corrosivo para el material del cual está fabricado y las condiciones ambientales en el cual se encuentra el estanque.

La norma API 650 abarca tanto para los estanques de petróleo como de productos químicos tales como Tolueno, Xilol, aguarrás, etcétera, es por esto que es una norma utilizada mundialmente y Chile adoptó esta norma.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del presente trabajo se puede concluir que todo equipo que se utiliza en la industria necesita obligatoriamente un plan de mantenimiento que más se adapte a las condiciones presentes, ya sea para aumentar su vida útil, aumentar productividad, disminuir averías en un tiempo determinado, etcétera.

Los estanques en cuestión no tenían ningún plan de mantenimiento que permita otorgarle una mayor vida útil, solo eran pintados para dar una buena estética al área de almacenamiento, esto es consecuencia de la nula conciencia del mantenimiento que requieren los equipos. En Chile, mayoritariamente se realiza un mantenimiento correctivo, es hora de que la mentalidad cambie y no solo se repare el equipo cuando esté presente una eventual falla y se comience a utilizar de igual manera otros tipos de mantenimientos que existen, ya sea preventivo, predictivo que tienen una mayor efectividad. Es por esto que este trabajo también abarco el mantenimiento predictivo preventivo para que en un futuro cercano cuando se presenten los primeros síntomas de que los estanques tengan algún problema, se puede aplicar este plan de mantenimiento que abarca la problemática de manera integral.

El estado de los estanques a pesar que no han sido sometidos a algún tipo de mantenimiento se encontraban en buen estado, solo existía el problema de las inclemencias del tiempo, ambiente salino y daños de cañerías que provocaban fugas y estos conllevaba a que se presente algún tipo de corrosión.

Los encargados de mantenimiento cayeron en un razonamiento muy común, que al pensar en pintar cada temporada sin quitarle la capa de pintura anterior alargaría la vida útil de estos estanques, lo cual es incorrecto ya que las capas nuevas de pintura solo esconderían el problema presente de corrosión, el cual seguiría produciéndose bajo las capas de pinturas nuevas.

Las mediciones realizadas en los estanques, a pesar que estos fueron creados a hace ya 41 años cuando recién la industria química estaba comenzando en Chile, se puede deducir que fueron creados bajo un buen criterio, el personal que los fabrico sin tener mayor conocimiento de las normas creadas posteriormente, lo hizo de tal manera que soportara todos los esfuerzos presentes con los estanques llenos con materia prima. Es por esto que se puede inferir que el personal dedicado a la fabricación de dichos estanques, tenían un conocimiento muy amplio sobre este tema tanto así que el día de hoy bajo estrictas normas de fabricación de este tipo de almacenes cumplen con la norma API 650.

Los objetivos nombrados al comienzo del trabajo fueron cumplidos a su cabalidad, a excepción de lograr identificar el espesor de la plancha del fondo de los estanques y su tipo de junta, ya que por motivos de seguridad no se logró ingresar.

Los estanques de almacenamiento para una planta química son fundamental para todo su proceso productivo y por eso se le hace una recomendación a la empresa a no dejar de realizar las mediciones y el plan de mantenimiento creado para alargar la vida útil de dichos estanques, además se recomienda ejecutar todo el plan de mantenimiento en la época de temporada baja, donde la planta productiva tiene una meta menor de producción, de esta manera se puede lograr vaciar por completo algunos estanques de almacenamiento y de esta manera lograr ventilar los estanques y poder verificar el estado de los estanques interiormente.

Este plan de mantenimiento está enfocado principalmente a alargar la vida útil de los estanques, ejecutando dicho mantenimiento se estima que no habrá daños por corrosión a lo menos por 5 años, pero si por condiciones extremas los estanques presentan algún tipo de corrosión se recomienda tener presente en ejecutar nuevamente el plan correctivo, para así no lamentar la pérdida de un estanque por la acción de deterioro por corrosión.

Además, se recomienda a la empresa adquirir los equipos de mediciones utilizados, para que así no tenga que contratar personal externo cada vez que necesite ejecutar las mediciones de espesor, ya que estos equipos pueden ser utilizados por personas con conocimientos básicos de manipulación, con el objetivo de entregarles a los trabajadores del área de mecánica herramientas para que ellos mismos realicen las mediciones.

BIBLIOGRAFÍA

Instituto americano del petróleo (EEUU). Diseño y construcción de tanques de almacenamiento – API 650 – Sección 5: diseño, 11° edición de junio del 2007, 68 p.

Código ASME, requerimientos generales de soldadura – sección XI, 1998, 275 p.

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA, JAMES PAUL MARTINEZ BRAVO. Diseño de un estanque [en línea]. <<http://descom.jmc.utfsm.cl/sgeywitz/sub-paginas/Procesos%20y%20equipos/estanque.htm>> [consulta : 10 julio 2017].

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA. Clasificación de aceros [en línea]. <<http://descom.jmc.utfsm.cl/proi/materiales/ClasAceros/ACEROS.htm#12>> [consulta 5 julio 2017].

ANEXO A: TABLA COMPLETA DE PROPIEDADES DEL ACERO

N° SAE o AISI	Resistencia a la tracción Rm		Límite de fluencia Re		Alargamiento en 50 mm %	Dureza Brinell
	Kgf / mm ²	Mpa	Kgf/mm ²	Mpa		
1010	40,0	392,3	30,2	292,2	39	109
1015	42,9	420,7	32,0	313,8	39	126
1020	45,8	449,1	33,8	331,5	36	143
1025	50,1	491,3	34,5	338,3	34	161
1030	56,3	552,1	35,2	345,2	32	179
1035	59,8	586,4	38,7	377,5	29	190
1040	63,4	621,7	42,2	413,8	25	201
1045	68,7	673,7	42,2	413,8	23	215
1050	73,9	724,7	42,2	413,8	20	229
1055	78,5	769,8	45,8	449,1	19	235
1060	83,1	814,9	49,3	483,5	17	241
1065	87,0	853,2	51,9	509,0	16	254
1070	90,9	891,4	54,6	535,4	15	267
1075	94,7	928,7	57,3	560,9	13	280
1080	98,6	966,9	59,8	586,4	12	293

ANEXO B: COTIZACIÓN ANDAMIO TRADICIONAL

De acuerdo a lo solicitado, tenemos el agrado de cotizar a Ud., el arriendo de:

3 Andamios tradicionales, 1 baranda y 4 ruedas,

6 marcos de andamio,

2 medio marcos,

6 diagonales 1,80 mt,

14 horizontales 1,80 mt,

6 pisos metálicos,

4 ruedas.

Dimensiones de cada andamio: largo 1,80 mt, ancho 1,05 mt, altura 2 mt.

Precio de arriendo por 3 días

calendario.....

.....\$ 15.000 + IVA.

CONDICIONES GENERALES DE ARRIENDO.-

Forma de Pago:

- **Al contratar los servicios.**

Datos de la Empresa para emisión de Orden de Compra.

Razón Social.- Tecnoandamios SPA.

ANEXO C: COTIZACIÓN COMPRESOR DE TORNILLO SULLAIR 185

Re: MC Arriendos "arriendo de equipos"



Milenka Montanares <mcarriendo@gmail.com>

lun 05-06, 10:10

Usted ↕

Fabian buenos dias

Contamos con equipos para granallar y los valores son los siguientes, para una cotización formal necesito los siguientes datos.

Razón social

rut

dirección

periodo

sector y faena a trabajar

contacto, nombre.

01 compresor modelo 185 cfm para trabajar a nivel del mar \$45.000 mas iva diario

01 tacho de granallado con sus accesorios \$50.000 mas iva diario.

Saludos Cordiales

MILENKA MONTANARES F. Gerente General.




Somos una empresa dedicada al servicio de Arriendo de equipos del Norte Grande en: Compresores, Perforadora, Martillo Neumático,

Cel: +56981981791 | [Google Plus Empresa](#) | [Linkedin Empresa](#)

Considere el medio ambiente por favor no imprima si no es necesario.

ANEXO D: ORDENES DE TRABAJO

Fecha: <u> </u> / <u> </u> / <u> </u>	 <i>Innovando con pasión</i>	Orden de trabajo N° 0001
--	---	--------------------------

Mantenimiento correctivo a estanques de almacenamiento

Tarea:	Duración	Estanque: N° 7
Armado de andamio	0:30:00	Almacena: Xilol

Supervisor:	Mecanico encargado:
	Ayudante mecanico:

Actividades:	Check
1) Utilizar EPP, antiparras, overol y guantes	
2) Corroborar que esten todas las partes para armar el andamio	
3) Verificar el terreno, tiene que estar nivelado para el armado	
4) Instalar los fierros verticales de las bases con las 4 ruedas con sus seguros	
5) realizar pequeños golpes con un martillo cuando se este ensamblando	
6) Instalar el piso que son 2 placas metalicas	
7) Ensamblar un fierro horizontal 1,8 m de largo en primer piso	
8) Ensamblar un fierro diagonales de 1,8 m de largo de primer piso	
9) instalar el segundo piso con 2 placas metalicas	
10) Ensamblar un fierro horizontal 1,8 m de largo en segundo piso	
11) Ensamblar un fierro diagonales de 1,8 m de largo de segundo piso	
12) Instalar el tercer piso con 2 placas metalicas	
13) Ensamblar un fierro horizontal 1,8 m de largo en tercer piso	
14) Ensamblar un fierro diagonalde 1,8 m de largo de tercer piso	
15) Instalar la baranda en el ultimo piso ensamblado	
16) Se debe verificar que el freno de las ruedas este accionado en todo momento	

Insumos	Cantidad
Martillo	2

Equipos

Observaciones:


--

Firma supervisor

--

Firma Mecanico

--

Fecha: <u> </u> / <u> </u> / <u> </u>		Orden de trabajo N° 0001
--	---	--------------------------

Mantenimiento correctivo a estanques de almacenamiento

Tarea:	Duración
Instalar acoples a manguera y equipos	0:30:00

Supervisor:	Mecánico encargado:
--------------------	----------------------------


Actividades:	Check
1) Utilizar EPP, antiparras, overol, mascarilla, guantes	
2) Verificar los insumos, Herramientas y equipos	
3) Instalar acople rapido hembra hilo 1/4" a un extremo de la manguera	
4) Utilizando 2 llaves, una para sostener la manguera y otra para apretar la tuerca	
5) Instalar acople con hilo hembra 3/4" a hembra 1/4" a salida del compresor	
6) Utilizar llave ajustable para apretar	
7) Luego conectar el extremo de la manguera que no tiene el acople instalado	
8) Utilizar 2 llaves, para sostener acople compresor y otra para apretar el conector de la manguera	
9) Instalar acople rápido machito a hembra 1/4" a aerógrafo industrial, utilice 2 llaves ajustable una para sostener la tuerca del equipo y otra para apretar el acople	
10) Instalar el acople rápido machito a hembra 1/4" a lijadora neumática, utilice 2 llaves ajustable una para sostener la tuerca del equipo y otra para apretar el acople	
11) Para conectar los equipos a la manguera solo basta deslizar el seguro de acople rápido e insetar el conector a la manguera y soltar el seguro.	
12) Guardar herramientas	

Insumos	Cantidad	Equipos
Acople rápido hembra hilo 1/4"	1	Compresor Sullair 185 CPM
Acople rápido machito a hembra 1/4"	2	Aerógrafo industrial
Acople con hilo hembra 3/4" a hembra 1/4"	1	Lijadora neumática orbital 5"
manguera Uberman 1/4" x 15 metros	1	
Herramientas	Cantidad	
llave ajustable 8 pulgadas	2	

Observaciones:

Firma supervisor

Firma Mecánico

Fecha: <u> </u> / <u> </u> / <u> </u>		Orden de trabajo N° 0003
---	---	--------------------------

Mantenimiento correctivo a estanques de almacenamiento

Tarea:	Duración
Corregir fugas de tuberías	4:00:00

Supervisor:	Mecánico encargado:
--------------------	----------------------------


Actividades:	Check
1) Utilizar EPP, antiparras, overol, mascarilla, guantes	
2) Abrir el paso del agua para verificar donde ocurren las fugas	
3) Con el plumón para metales, marcar donde ocurren las fugas	
4) Luego de marcar todas las fugas, cerrar el paso del agua	
5) Si existe la fuga en las conexiones, como son con hilos, retirar la conexión utilizando las llaves stillson, una se usa para sujetar la tubería, y la otra para girar la conexión.	
6) a continuación se retira la cinta de teflon presente en la cañería y se cambia por el teflon nuevo, adheriendo la cinta alrededor del hilo de la cañería	
7) Si existe una fuga en alguna parte de la cañería que no sea en las uniones con hilo, se retira toda la cañería utilizando las llaves stillson, siguiendo el paso 5, se ejecuta este procedimiento en todas las cañerías con el mismo tipo de fuga	
8) Ya retiradas las cañerías, se llevan a un lugar seguro donde no hubiese riesgo de inflamación con las materias primas	
9) Luego se procede a lijar el área marcada y se aplica la pasta	
10) Se prende el soplete y se calienta el área	
11) No se debe elevar tanto la temperatura para evitar quemar la pasta	
12) se aplica el material de aporte y se dirige las gotas de soldaduras hasta el área fisurada, se hace este procedimiento con todas las cañerías fisuradas (7 al 12)	
13) terminado todo el proceso se instalan nuevamente las cañerías y cambiando la cinta de teflon por una nueva.	
14) se guardan todos los insumos y herramientas	

Insumos	Cantidad	herramientas	Cantidad
Marcador para metal	1 unidad	Llave stillson 8"	2
teflon 1/2" x 10 m	2 unidades		
Soplete de gas butano	1 unidad		
Estaño al 50 %, 550 gr	1 unidad		
Pasta para soldar 250 gr	1 unidad		
pliego de lija n° 100 de 9 x 11"	1 unidad		

Observaciones

Firma supervisor

Firma Mecánico

Fecha: <u> </u> / <u> </u> / <u> </u>		Orden de trabajo N° 0004
---	---	--------------------------

Mantenimiento correctivo a estanques de almacenamiento

Tarea: Limpieza de estanques	Duración 5:00:00	Estanque: N° 7 Almacena: Xilol
--	----------------------------	---

Supervisor:	Mecánico encargado:
--------------------	----------------------------

Actividades:	check
1) Utilizar EPP, antiparras, overol, mascarilla, guantes y proteccion auditiva	
2) Agregar combustible especificado a estanque del compresor	
3) Encender Moto-compresor, esperar 5 minutos para que se acumule aire	
4) Raspar pintura suelta de estanque con espátula plástica	
5) Conectar manguera de alimentación neumatica de lijadora	
6) Instalar lija en el plato de lijadora neumática	
7) Posar lijadora en la pared del estanque	
8) Presionar palanca de accionamiento de lijadora	
9) Realizar movimientos circulares con lijadora funcionando, hasta quitar completamente la pintura	
10) Ejecutar este proceso a toda la superficie del estanque	
11) Vadir bolsa de aumulación de desechos cada vez que ésta se sature con los desechos, retirando la bolsa del equipo neumatico	
12) Desconectar lijadora de manguera de alimentación neumática	
13) Limpiar toda el área lijada con un paño	
14) Para mover el andamio se debe cambiar de posición el freno	
15) Guardar insumos y lijadora neumática.	

Insumos	Cantidad
Lija circular 5"	5 unidades
Espátula dentada 3"	2 unidades
Manguera con acoples	1 unidad
Paño de limpieza	3 unidades
Diesel	47,3 litros
Andamio traicional	1 unidad

Equipos
Compresor Sullair 185 CPM
Lijadora Neumática orbital 5"


Observaciones:	
-----------------------	--

Firma supervisor

--

Firma Mecánico

--

Fecha: <u> </u> / <u> </u> / <u> </u>		Orden de trabajo N° 0005
---	---	--------------------------

Mantenimiento correctivo a estanques de almacenamiento

Tarea:	Duración	Estanque: N° 7
Pintar con anticorrosivo	0:45:00	Almacena: Xilol

Supervisor:	Mecánico encargado:
--------------------	----------------------------

Actividades:	Check
1) Utilizar EPP, antiparras, overol, mascarilla, guantes y proteccion auditiva	
2) Agregar combustible especificado a estanque del compresor	
3) Encender Moto-compresor, esperar 5 minutos para que se acumule aire.	
4) Verificar estado de andamios, apretar tuercas y aplicar seguro a las ruedas.	
5) Abrir tapa de estanque de aerógrafo industrial	
6) Agregar en un balde la cantidad de anticorrosivo indicada	
7) Agregar en el mismo recipiente la cantidad de aguarrás	
8) Mezclar hasta quede una mezcla homogénea	
9) Llenar estanque de aerógrafo y cerrar tapa	
10) Conectar manguera de alimentacion neumatica desde compresor a aerógrafo	
11) Regular caudal de salida de aerógrafo	
12) Presionar boton de accionamiento de aerógrafo	
13) Realizar movimientos horizontales en la ejecución del pintado	
14) Realizar el pintado en toda el área exterior del estanque.	
15) Asegurar una capa de pintura homogénea	
16) Realizar pasos 5 al 9 en caso de agotarse el anticorrosivo del aerógrafo	
17) Para mover el andamio se debe cambiar de posicion el freno	
18) Terminado el proceso de pintado desconectar alimentación neumática	
19) Guardar anticorrosivo sobrante y lavar aerógrafo completo con aguarrás	
20) Secar con paño de limpieza aerógrafo y guardar	

Insumos	Cantidad
Anticorrosivo blanco	3,81 litros
Aguarrás	0,76 litros
Manguera con acoples	1 unidad
Diesel	7,1 litros
Balde vacio 5 litros	1 unidad
Paños de limpieza	3 unidades
Andamio tradicional	1 unidad

Equipos
Compresor Sullair 185 CPM
Aerógrafo industrial

Observaciones

Firma supervisor

Firma Mecánico

Fecha: ___/___/___



Orden de trabajo N° 0006

Mantenimiento correctivo a estanques de almacenamiento

Tarea:	Duración	Estanque: N° 7
Pintar estanque	0:45:00 horas	Almacena: Xilol

Supervisor:	Mecanico encargado:
-------------	---------------------

Actividades:

Actividades:	Check
1) Utilizar EPP, antiparras, overol, mascarilla, guantes y proteccion auditiva	
2) Agregar combustible especificado a estanque del compresor	
3) Encender Moto-compresor, esperar 5 minutos para que se acumule aire	
4) Verificar estado de andamios, apretar tuercas y aplicar seguro a las ruedas.	
5) Abrir tapa de estanque de aerógrafo industrial	
6) Agregar en un balde la cantidad de pintura indicada	
7) Agregar en el mismo recipiente la cantidad de aguarrás	
8) Mezclar hasta quede una mezcla homogénea	
9) Llenar estanque de aerógrafo y cerrar tapa	
10) Conectar manguera de alimentación neumática desde compresor a aerógrafo	
11) Regular caudal de salida de aerógrafo	
12) Presionar boton de accionamiento de aerógrafo	
13) Realizar movimientos horizontales en la ejecución del pintado	
14) Realizar el pintado en toda el área exterior del estanque.	
15) Asegurar una capa de pintura homogénea	
16) Relizar pasos 5 al 9 en caso de agotarse la pintura del aerografo	
17) Para mover el andamio se debe cambiar de posicion el freno	
18) Terminado el proceso de pintado desconectar alimentación neumática	
19) Guardar pintura sobrante y lavar aerografo completo con aguarrás	
20) Secar con paño de limpieza aerógrafo y guardar	

Insumos	Cantidad
Pintura blanca	4,13 litros
aguarrás	0,83 litros
Diesel	7,1 litros
balde vacio 5 litros	1 unidad
Manguera con acoples	1 unidad
Paños de limpieza	3 inidades
Andamio tradicional	1 unidad

Equipos

Compresor Sullair 185
Aerógrafo industrial

Observaciones

Firma supervisor

Firma Mecánico
