

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Investigación

**Aplicación de recubrimiento de polyurea para
poleas de fajas transportadoras**

Miguel Angel Ramirez Canchari

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Mecánica

Arequipa, 2019

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedico especialmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para perseverar y terminar este proceso de obtener uno de mis objetivos personales más deseados.

A mi esposa e hijas, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a su apoyo he logrado seguir avanzando.

A mi madre y hermanas (os) por estar siempre presentes, acompañandome y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mi madre Isabel; mi esposa Ingrid, mis hijas Romina y Rafaela, y hermanas (os), por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Continental, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Ing. Jonathan Alain Sanchez Paredes tutor del proyecto de investigación quien me ha guiado metódica y eficientemente, y a mis compañeros y amigos de minera La Escondida por su valioso aporte para nuestra investigación.

Índice de Contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE.....	iv
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCION.....	xiii
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1 Producto principal.....	1
1.1.2 Problema general.....	1
1.1.3 Problemas específicos.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Justificación e importancia.....	2
1.4 Alcances de trabajos previos.....	2
1.4.1 Solución para sistema transportador de carga pesada.....	2
1.4.2 Solución para sistema transportador con resistencia a alta temperatura.....	4
1.4.3 Solución para sistema transportador en temperatura baja.....	5
1.4.4 Solucion para sistema transportador para material corrosivo.....	6
1.4.5 La solucion de prolongacion de la vida util de una polea.....	7

CAPITULO II.....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes del problema.....	9
2.1.1 Trabajo previos.....	10
2.1.1.1 Penetración de placas de acero DH-36 con y sin recubrimiento de polyurea.....	10
2.1.1.2. Recubrimientos en multicapas de Polyurea.....	13
2.1.1.3. Pruebas explosivas en placas de acero recubiertas de poliurea.....	14
2.2 Bases teórica.....	17
2.2.1 Fajas Transportadoras.....	17
2.2.2 Materiales a transportar, tamaños y temperaturas.....	19
2.2.3 Capacidades a transportar y longitudes.....	20
2.2.4 Ventajas ambientales y de seguridad.....	21
2.2.5 Carga y descarga.....	21
2.2.6 Poleas para fajas transportadoras y sus revestimientos.....	22
2.2.7 Materiales y Estilos de revestimientos.....	28
2.2.8 Elastómeros.....	31
2.2.9 La Polyurea en la Industrias.....	33
2.2.10. La Polyurea en la Industria Minera.....	33
2.3 Definición de términos básicos.....	35
2.3.1 Diseño.....	35
2.3.2 Diseño de ingeniería.....	35
2.3.3 Que es la Polyurea?.....	36
2.3.4 Sintesis Quimica.....	36

2.3.5 Polimerización.....	36
2.3.6 Mantenimiento.....	37
CAPITULO III.....	39
METODOLOGÍA.....	39
3.1 Tipo de investigación.....	39
3.2 Metodología de diseño.....	39
CAPITULO IV.....	40
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	40
4.1 Identificación de requerimientos.....	40
4.1.1 Lista de Exigencias.....	40
4.1.2 Secuencia de operaciones.....	42
4.1.3 Parámetros de sistema.....	43
4.1.4 Estructura de funciones de caja negra.....	43
4.1.5 Matriz morfológica.....	44
4.1.6 Evaluación técnica-económica.....	45
4.2 Análisis de solución.....	46
4.2.1 Descripción del diseño.....	46
4.3 Diseño.....	46
4.3.1 Selección del material.....	46
4.3.2 Estimación de tiempos.....	48
4.3.3 Estimación de costos de mantenimiento.....	49
4.3.4 Planos de fabricación y montaje.....	49
CAPITULO V.....	50
5.1. Aplicación.....	50

5.1.1 Listos para trabajar.....	50
5.1.2 Evaluacion Preliminar.....	52
5.1.3 Limpieza de sustrato-granallado	52
5.1.4 Aplicación de Polyurea.....	52
5.1.5 Control de Calidad.....	53
5.2 Pruebas y Resultados.....	53
CONCLUSIONES.....	54
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	55
ANEXOS.....	56

Lista de tablas

Tabla 1 Comparación del factor de servicio con calificaciones ANSI/CEMA para poleas...	24
Tabla 2 Propiedades mecánicas de los elastómeros.....	32
Tabla 3 Comparativo de propiedades: Geomembrana convencional vs Geomembrana de Polyurea.....	33
Tabla 4 Lista de Exigencias.....	41
Tabla 5 Evaluación Técnica.....	45
Tabla 6 Evaluación Económica.....	45
Tabla 7 Comparativo de propiedades de elastómeros.....	47
Tabla 8 Comparativo de productos de polyurea	47
Tabla 9 Estimación de Costos de Mantenimiento.....	49
Tabla 10 Datos experimentales para el cálculo de la velocidad de desgaste de la aplicación de Polyurea.....	54

Lista de Figuras

Figura 1 Desprendimiento de recubrimiento del Shell de la polea.....	1
Figura 2 Solución para sistema transportador de carga pesada.....	4
Figura 3 Solución para sistema transportador con resistencia a alta temperatura.....	5
Figura 4 Solución para sistema transportador en temperatura baja.....	6
Figura 5 Solución de prolongación de vida útil de una polea.....	8
Figura 6 Diversas aplicaciones de elastómeros.....	9
Figura 7 Falla típica de revestimiento epóxico.....	10
Figura 8 Bocetos de los seis escenarios de impacto frontal de los proyectiles puntiagudos y planos impactan sobre placas de acero en blanco (a, b) y placas de acero respaldadas por poliurea (c, d) y placas sandwich (e, f).....	11
Figura 9 Izquierda: configuración experimental para pruebas de penetración. Derecha: dos proyectiles utilizados en los experimentos.....	12
Figura 10 Revestimiento en multicapas.....	13
Figura 11 Deformación posterior al evento de una placa de acero desnuda de 6 mm de espesor.....	15
Figura 12 Deformación posterior al evento de una placa de acero de 5 mm de espesor con 7.7 mm recubrimiento de poliurea, que muestra la desunión sobre un área circular en el centro del plato (bordeado por la línea discontinua).....	16
Figura 13 Placa de acero desnuda de 6 mm que muestra ruptura después del evento 7, en que una sonda mecánica se colocó debajo de la placa.....	16
Figura 14 Cinta transportadora de mitad del S.XIX. Deutsches-Museum.....	17
Figura 15 Faja transportadora de acopio de hormigón.....	19
Figura 16 Faja transportadora para extracción de fosfatos de Marruecos.....	20

Figura 17 Reclaimer de la mina de carbón de Kestrel-Australia.....	21
Figura 18 Polea reforzada para trabajo pesado.....	23
Figura 19 Polea típica de servicio minero.....	24
Figura 20 Polea de Doble Tambor.....	26
Figura 21 Revestimiento de caucho superior rugoso.....	27
Figura 22 Revestimiento deslizante.....	28
Figura 23 Reaccion típica de secado de la Polyurea.....	36
Figura 24 Evaluación Técnica-Económica.....	46
Figura 25 Planos de Poleas con problemas de recubrimiento.....	49
Figura 26 Plano de la Polea.....	50
Figura 27 Equipo de Protección Personal (EPP) adecuado.....	51
Figura 28 Equipo de Aplicación.....	51
Figura 29 Limpieza de Sustrato – Granallado.....	52
Figura 30 Aplicación de Polyurea.....	52
Figura 31 Medicion de espesares y dureza del recubrimiento de Polyurea.....	53

Lista de Esquemas

Esquema 1 Metodología de Diseño VDI 2221 FUENTE: (Cross, Nigel, 2005).....	40
Esquema 2 Secuencia de Operaciones.....	42
Esquema 3 Estructura de Funciones de Caja Negra.....	43
Esquema 4 Matriz Morfológica.....	44
Esquema 5 Estimación de tiempos para la aplicación de polyurea.....	48

Lista de Anexos

Anexo 1. Escalas de Dureza Shore.....	56
Anexo 2. Proced. Estandar de Trabajo Seguro (PETS) sobre amolado de superficies.....	57
Anexo 3. Proced. Estandar de Trabajo Seguro (PETS) sobre aplicación de polyurea.....	61
Anexo 4. Procedimiento Estandar de Trabajo Seguro (PETS) sobre granallado metálico...66	
Anexo 5. Procedimiento Estandar de Trabajo Seguro (PETS) sobre retiro de lagging.....	72
Anexo 6. Ficha técnica de la polyurea QuickSpray Supreme AB40.....	76
Anexo 7. Ficha técnica de la polyurea QuickSpray SUPREME HP – Hot Spray – 2 part coating – aromat.....	81

Resumen

El desarrollo de la presente investigación estuvo enfocado a solucionar problemas operacionales, reducir costos y tiempos de mantenimiento de poleas de fajas transportadoras. El objetivo fue aplicar, en base a los parámetros de funcionamiento, un recubrimiento de polyurea a poleas de fajas transportadoras, con secado rápido, con propiedades de usos excepcionales y duraderos que permitan reducir el tiempo de mantenimiento y problemas operacionales incrementando la eficiencia del activo.

Para el desarrollo se utilizó la metodología de diseño según la Asociación de Ingenieros Alemanes VDI-2221 y VDI-2225. En la que describimos las características y exigencias del sistema para conseguir los mejores resultados que darán solución al problema. Para facilitar la selección de la solución, se utilizaron una lista de exigencias, estructura y esquema de caja negra y posteriormente la matriz morfológica. Llegando así a la selección del material óptimo para la aplicación. Luego de conocer las características del material que se aplicará, procederemos a realizar los cálculos para definir el espesor que se aplicará, para luego realizar el plano de diseño. Finalmente se realiza la estimación de tiempo y costos, con una aplicación parcial y total de la polyurea.

Con la aplicación de la polyurea VIP QUICKSPRAY INDUSTRIAL AROMATIC fue posible reducir los tiempos de aplicación del recubrimiento de 48 a 18 horas. Además, considerando que el costo de parada de la planta es de US\$ 320,000/hora y la tasa de desgaste de la polyurea fue 5 mm/mes aprox podemos planificar con la debida antelación el mantenimiento de la polea.

Al aplicar la polyurea se redujeron problemas operacionales, tiempos y costos de mantenimiento.

Abstract

The development of this research was focused on solving operational problems, reducing costs and maintenance times of conveyor belt pulleys. The objective was to apply, based on the operating parameters, a coating of polyurea to pulleys of conveyor belts, with fast drying, with properties of exceptional and durable uses that allow reducing maintenance time and operational problems increasing the efficiency of the asset.

For the development the design methodology was used according to the German Engineers Association VDI-2221 and VDI-2225. In which we describe the characteristics and requirements of the system to achieve the best results that will solve the problem. To facilitate the selection of the solution, a list of requirements, structure and black box scheme were used and subsequently the morphological matrix. Thus reaching the selection of the optimal material for the application. After knowing the characteristics of the material that will be applied, we will proceed to perform the calculations to define the thickness that will be applied, and then make the design plane. Finally, the estimation of time and costs is carried out, with a partial and total application of polyurea.

With the application of the VIP polyurea QUICKSPRAY INDUSTRIAL AROMATIC it was possible to reduce the application times of the coating from 48 to 18 hours. In addition, considering that the cost of stopping the plant is US \$ 320,000 / hour and the wear rate of the polyurea was approx. 5 mm / month, we can plan the maintenance of the pulley in advance.

When applying polyurea, operational problems, times and maintenance costs were reduced.

Introducción

Esta alternativa de solución aborda el problema del desgaste prematuro del recubrimiento de caucho de la polea tensora de la faja 4 del circuito de chancado, estos problemas operacionales tienen como consecuencia grandes pérdidas de tiempo y recursos.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo aplicar un recubrimiento a las poleas de fajas transportadoras. Esta aplicación satisface la necesidad de controlar los tiempos entre paradas de mantenimiento.

El desarrollo sigue la metodología de la norma VDI 2222, VDI 2225 para tener claro las necesidades técnicas y operacionales y poder llegar a la mejor solución, el proceso para este fin se detalla a continuación por capítulos.

En el primer capítulo nos enfocaremos en el planteamiento y formulación del problema, cuales serán los objetivos trazados y la justificación de la realización del trabajo.

En el capítulo II, procedemos al desarrollo de las bases teóricas que regirán el desarrollo del trabajo, en la cual se describen los antecedentes del problema y se definen conceptos claves relacionados.

En el capítulo III, abordaremos en detalle la metodología utilizada, donde tomaremos en consideración parámetros de operación y diseño y plantearemos posibles soluciones a nuestro problema. Para esto, usaremos un diagrama de flujo, un diagrama de caja negra donde definiremos la secuencia de procesos y por último realizaremos nuestra matriz morfológica la cual nos ayudará a definir las características de nuestro proyecto.

En el capítulo IV, se elegirá el material a utilizar como recubrimiento, para tal fin revisaremos y compararemos las fichas técnicas de los productos. Se evalúa la performance del recubrimiento elegido para la aplicación, para esto recurriremos a algunos instrumentos

de medición de espesores para estimar el desgaste de la polea y pronosticar el cambio y/o nueva aplicación de recubrimiento, además de usaron durometro y rugosimetro para las etapas previas de preparacion del sustrato y aplicación.

En el capítulo V, se describe el procedimiento de aplicación del recubrimiento de polyurea, además se muestran los resultados de las pruebas.

Y por último tenemos las conclusiones en base a los resultados obtenidos alineados a solucionar nuestra necesidad. Adicionalmente se adjuntarán las fichas técnicas de los productos utilizados y procedimientos de aplicación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Producto principal

Describiremos la aplicación de recubrimientos en poleas de fajas transportadoras, cuyo desprendimiento (fig 1) y posterior abrasión de la polea por la faja afecta estructuralmente y reduce el tiempo de vida útil del activo. La aplicación de recubrimiento con un material de superiores propiedades mecánicas reducirá problemas operacionales, costos y tiempos de mantenimiento.

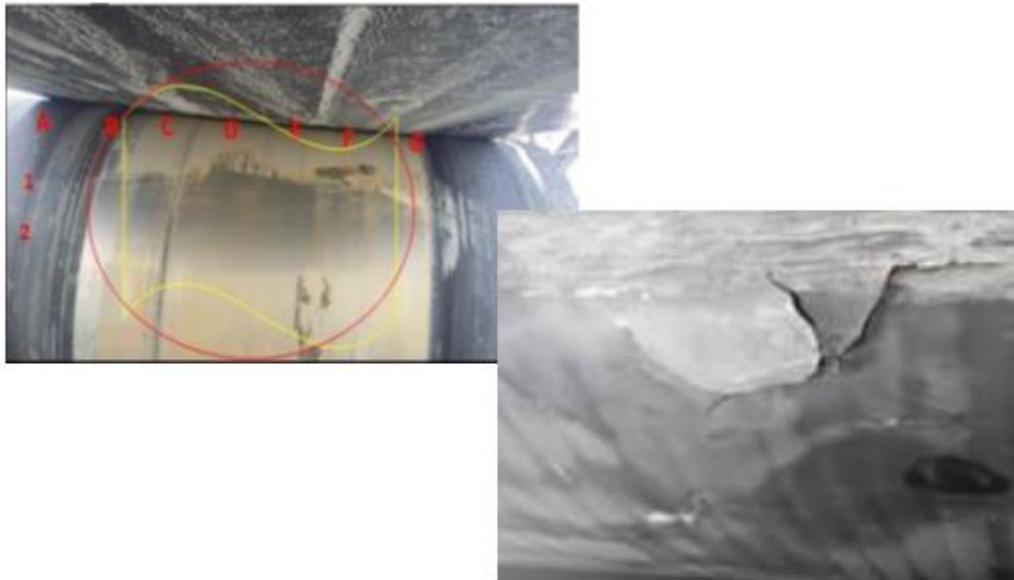


Figura 1 Desprendimiento de recubrimiento del Shell de la polea

1.1.2 Problema general

¿Es posible aplicar recubrimiento de polyurea en poleas de fajas transportadoras?

1.1.2 Problemas específicos

- a) ¿Cuáles deben ser las propiedades mecánicas del recubrimiento de polyurea?
- b) ¿En cuánto tiempo se extendería la parada por mantenieiento del recubrimiento, en cuantas horas seria la reducción del tiempo de aplicación y ahorro estimado?

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo General.

- Aplicar un recubrimiento de polyurea a poleas de fajas transportadoras.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Aplicar en base a los parámetros de funcionamiento de la polea una aplicación adecuada para el recubrimiento, con secado rápido, bajo las más variadas condiciones climáticas, y con propiedades de uso excepcionales y duraderas.
- Reducir tiempo, costos de mantenimiento y problemas operacionales incrementando la eficiencia del activo.

1.3. Justificación e importancia

Las labores de transporte de minerales mediante fajas, implican un elevado desgaste de los recubrimientos de las poleas que forman parte del sistema.

Para realizar este trabajo se debe contar con recubrimientos que protejan el Shell de la polea de la abrasión propia del sistema, y a su vez no afecten la integridad de la faja transportadora. Los recubrimientos comerciales se aplican según procedimientos estándar en 48 horas aproximadamente.

El tiempo es un factor primordial por cuanto el recubrimiento debe ser aplicado con la menor afectación posible en la operatividad de los equipos.

Considerando que el costo de parada de la planta es de US\$ 320,000/hora, hay una gran oportunidad de disminuir los tiempos de puesta en marcha de la planta y lograr ahorros considerables.

1.4 Alcances de trabajos previos

1.4.1 SOLUCIÓN PARA SISTEMA TRANSPORTADOR DE CARGA PESADA: CEMENT PLANT 1 (CHONG ING)

El transportador tiene una longitud de hasta 7,2 km, la capacidad transportadora es de 4200 Ton/ h.

Por el tonelaje transportado, se probaron diferentes tipos de recubrimiento para polea de faja transportadora, pero ninguno pudo aguantar mas de 2 meses. Después de analizar los resultados, resulto que otros recubrimientos no se habían pegado bien, fue por la carga desmasiada pesada y la longitud de la correa transportadora estaba extremadamente larga. Se proporcionó la siguiente solución:

1. Aplicaron el Slide Lagging
2. Disminuyeron el efecto negativo a la correa por goma deforme por reformación del durómetro de la goma
3. Modificaron la resistencia de abrasión y a la elongación a ruptura, prolongaron la vida útil.
4. Por el Slide Lagging, aumentaron el coeficiente de anti-deslizante de la goma, solucionaron el deslizante que ocurre por el cambio de ángulo. Después de 8 meses no había ocurrido ningún problema de revestimiento, el sistema transportador funcionaban muy bien, y el desgaste de superficie de la goma era normal.

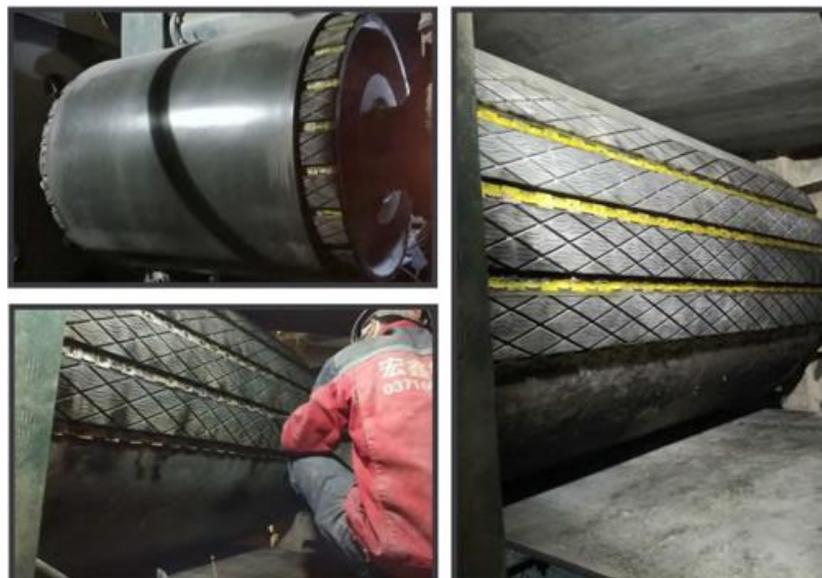


Figura 2 Solución para sistema transportador de carga pesada

1.4.2 SOLUCION PARA SISTEMA TRANSPORTADOR CON RESISTENCIA A ALTA TEMPERATURA (CEMENT PLANT 11 C AN HUI)

La temperatura de trabajo es 160 °C. Debido por la alta temperatura, el rendimiento resistente al desgaste de la goma se reduce drásticamente, al mismo tiempo, la capa de la polea pierde la adhesión también.

La temperatura de trabajo es de 160 °C, la que provoca la pérdida del efecto de goma, por lo tanto, el rendimiento del antidesgaste de la goma disminuye drásticamente. Por la alta temperatura acompaña con mucho vapor que penetra en el recubrimiento, por lo tanto pierde la función.

Por eso se modifico el material de goma por el más resistente a altas temperaturas y mejoramos la técnica de sello del revestimiento. Se investigó el ingrediente nuevo de la goma que sea resistente a temperatura de 180 °C, se prolongó el tiempo útil y al mismo tiempo no influncia al rendimiento de la goma.

1. El revestimiento de polea será más estable en condiciones de alta temperatura
2. Por el tratamiento especial para proveer el sello del recubrimiento de CN, evita permeal de vapor.
3. Aumentamos el espesor del revestimiento de 3 mm a 5 mm, para absorber más fuerza de caída, prolonga la vida útil.

La vida útil del recubrimiento se prolonga de 1 año a 2 años, no produce ninguna pérdida de adhesión

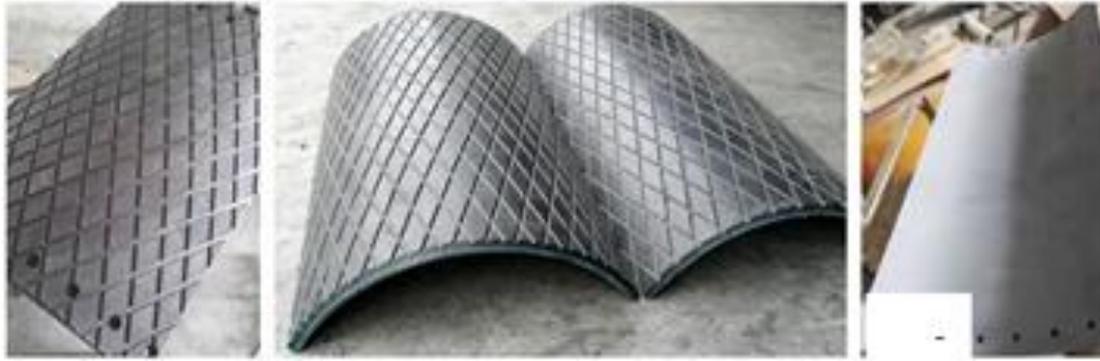


Figura 3 Solución para sistema transportador con resistencia a alta temperatura

1.4.3 SOLUCION DE SISTEMA TRANSPORTADOR EN TEMPERATURA BAJA MININO INDUSTRY (CHEI LONG JIANG)

La faja transportadora principalmente trabajaba al aire libre para la transportación de minerales. Cuando la temperatura llega a -40°C en invierno, el superficie de los recubrimientos de la polea de goma y del faldón de goma se había vuelto como en polvo, el rendimiento se redució extremadamente y la vida útil no había durado más de 3 meses.

Los productos de reparación del transportador tampoco se pueden usar en baja temperatura, por lo que se proporcionó los de poliuretano.

La polea ya funcionó 2 años y el rendimiento del revestimiento aún es bueno. Y la vida útil de otros recubrimientos, alcanza 90% en el entorno con temperatura normal. El clima era la razón primaria, deberían instalar el producto de anti-criogénico. Como la temperatura era de -40°C , se mejoró el ingrediente de goma con una fórmula anti criogénica, para que se use en -50°C con propiedades resistentes al desgaste y a la rotura. Consideramos la temperatura baja al aire libre, el recubrimiento de goma romboidal regular para la polea no se puede instalar, por lo que aplicamos el revestimiento de Slide-Lagging. Para el faldón de goma también utilizamos el ingrediente anticriogenico.



Figura 4 Solución para sistema transportador en temperatura baja

1.4.4 Solucion para el problema del Sistema Transportador para material corrosivo SALTMINE LAOS

Los ensambles debería llevar el rendimiento de anticorrosión, para la producción de sal. La producción y los equipos estaban corroidos extremadamente, deberían sustituir numerosos ensambles.

1. Se investigo el ingrediente de anti corrosión y anti acido/alcalina, para solucionar el fenomeno frágil de goma. Con la técnica de vulcanización en frío para el revestimiento de goma con cerámica insertada para solucionar la corrosión en la condición acida/alcalina y asegurar el rendimiento del revestimiento.
- 2 Para la corrosión severa y oxidación extrema a las poleas, se aplico el revestimiento de Slide-Lagging para resolver los problemas, y procesamos de antióxidación para todas las piezas metálicas. Para mejorar la vida útil del producto, se fabrico todos los faldones de la correa transportadora, barras de impacto, materiales de reparación de la correa transportadora con la fórmula de goma anticorrosion

3 Se sustituyo el rodillo metálico original al rodillo de UHMWPE para resolver los problemas corrosivos de oxidación

4. La correa transportadora manufacturamos por material de antiácido/alcalino, que puede prolongar la vida útil de los productos y reduce la posibilidad a la rotura de la correa transportadora por el cable de acero por la corrosion

Hasta ahora, los productos que se aplicaron hace 1 año estan funcionando bien, no apareció ninguna corrosión, y el recubrimiento no pierde la adhesión.

1.4.5 La solucion de prolongacion de la vida util de una polea

MININO INDUSTRY C MALAYSIA PROJECT

Para la desviación grave de la correa transportadora de este faja, que hace que la correa esté demasiado, algún parte de la polea transportadora queda rezagada severa por el desgaste.

Se proporciono una solucion que cambio el plan de mantenimiento para el revestimiento y mejoraria el ingrediente de goma.

Aplicamos la técnica de Slide-Lagging y el estilo coronado de revestimiento de goma , con el espesor de 12mm en dos lados, el centro parte de 21mm, para solucionar este problema.

En vista de que la correa transportadora es demasiado apretada, ocasionó el desgaste parcial severamente, modificamos el ingrediente de la goma de nuevo, reforzamos la dureza y la resistencia al desgaste, para prolongar la vida útil.

En vista de la situación del tambor con desgastes extremos en la superficie, utilizamos los productos de poliuretano parcial en revestimiento de goma, aumenta la resistencia al desgaste en 3 veces.

En los últimos días, el cliente nos ha respondido que solucionamos todo, y quería obtener más productos

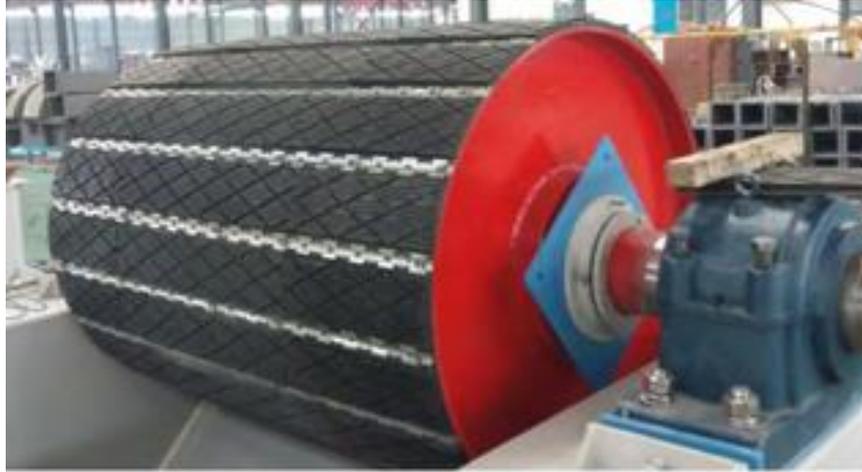


Figura 5 Solución de prolongación de vida útil de una polea

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

Las labores de transporte de minerales mediante fajas, implican un elevado desgaste de los recubrimientos de las poleas que forman parte del sistema. Para realizar este trabajo se debe contar con recubrimientos que protejan al Shell de la polea de la abrasión propia del sistema, y a su vez no afecten la integridad de la faja transportadora. El tiempo es un factor primordial por cuanto el sistema debe ser instalado sin afectar la operatividad de los equipos.

Varios sistemas elastoméricos se han desarrollado en los últimos 75 años y van desde los sistemas monocomponentes hasta los multicomponentes que usan solventes y catalizadores para dar lugar a la reacción al combinar el producto y así obtener un Elastómero Común como los epóxicos, poliésteres, polisulfidos y el vinilester, etc.

Por lo general los sistemas monocomponentes se utilizan para recubrimientos comerciales en impermeabilizaciones. Estos sistemas solamente soportan las condiciones climáticas normales. No están diseñados para aplicaciones industriales donde los químicos, ácidos y contaminantes están presentes.

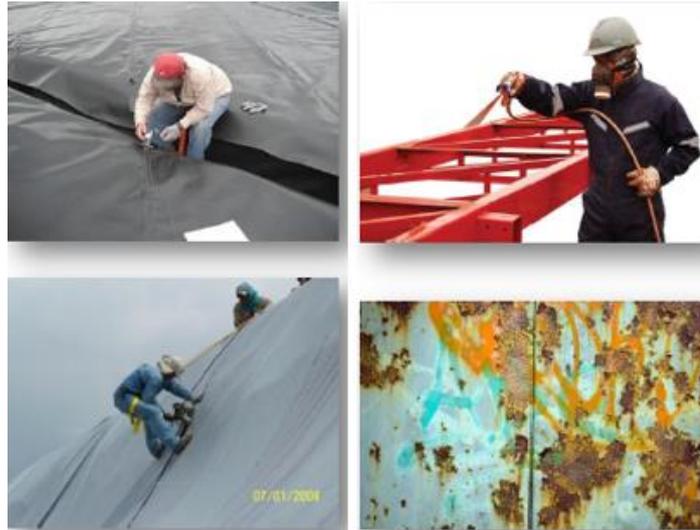


Figura 6 Diversas aplicaciones de elastomeros

Los epóxicos son los que más se han utilizado en la historia y existen una amplia gama de formulaciones y usos. Las limitaciones de los recubrimientos epóxicos se encuentran en:

- El tiempo que toma su instalación.
- El extenso tiempo del curado.
- El alto contenido de tóxicos al aplicarlo y al manejarlo.



Figura 7 Falla típica de revestimiento epóxido

2.1.1 Trabajos previos

Algunas investigaciones científicas me ayudaron a poder plantear la solución con el recubrimiento ideal para la aplicación:

2.1.1.1. Penetración de placas de acero DH-36 con y sin recubrimiento de poliurea

En este paper se presentan estudios numéricos y experimentales sobre el impacto y la penetración de placas blindadas sometidas a cargas de impacto puntiagudas y planas.

Se consideran tres escenarios objetivo: (1) una placa de acero en blanco (sin respaldo); (2) el mismo acero placa respaldada por una gruesa capa de poliurea; y (3) dos placas de acero idénticas de la mitad del original espesor colocado en ambos lados de la capa de poliurea.

Para la placa en blanco, se observan en la simulación dos mecanismos de fracturas que son taponamiento por cizallamiento y pelado de las placas.

Para la misma placa con una capa gruesa de poliurea en la parte posterior, se encuentra que el recubrimiento de poliurea proporciona resistencia adicional en términos de absorción de energía a través de dos mecanismos: (1) el aumento de la energía disipada por la placa de acero y (2) aumento de energía almacenada en la poliurea misma.

Para la configuración sandwich de la placa objetivo, donde la capa de poliurea se coloca entre dos placas de acero, no se encuentra ventaja en términos de resistencia a la penetración. Estos resultados numéricos concuerdan con los experimentales.

La investigación actual tiene como objetivo proporcionar una comprensión física de esta mejora por simulación numérica del evento de impacto de placas de acero DH-36 en blanco, y placas de acero recubiertas con poliurea y las placas sandwich con una capa de poliurea intermedia. Demostramos que la contribución del recubrimiento polimérico proviene de dos mecanismos, el primer mecanismo es retrasar la aparición de fracturas en las placas de acero; el segundo mecanismo es absorber directamente el resto energías cinéticas.

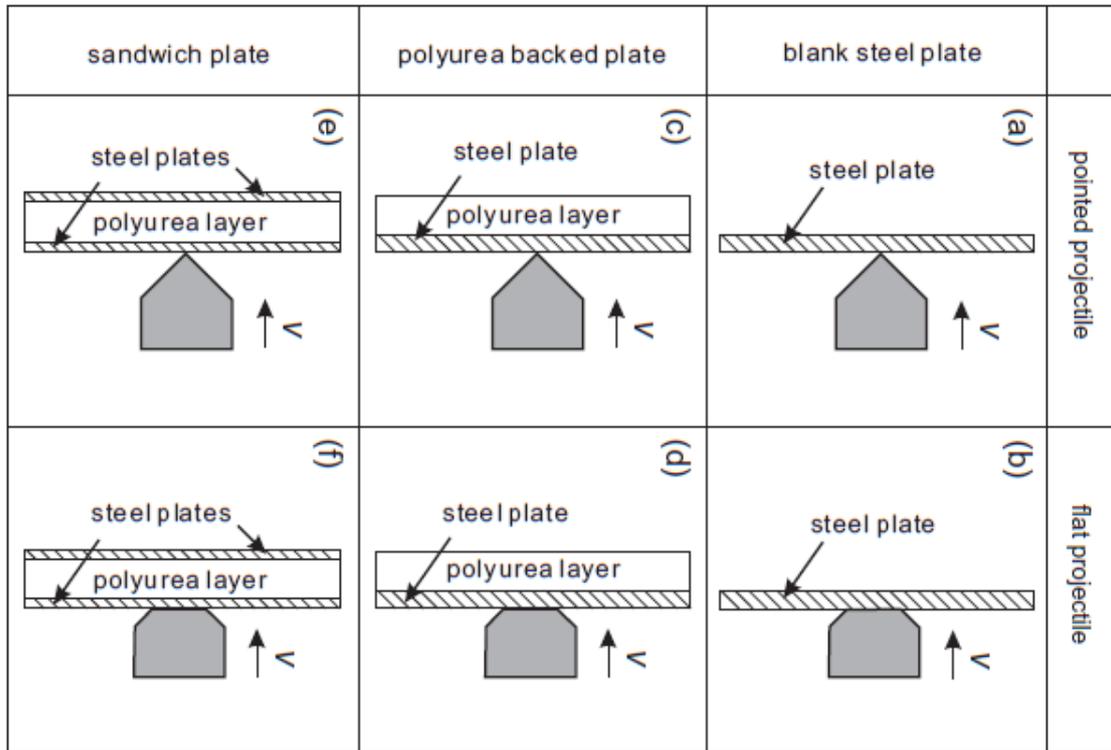


Figura 8 Bocetos de los seis escenarios de impacto frontal de los proyectiles puntiagudos y planos impactan sobre placas de acero en blanco (a, b) y placas de acero respaldadas por poliurea (c, d) y placas sandwich (e, f)



Figura 9 Izquierda: configuración experimental para pruebas de penetración. Derecha: dos proyectiles utilizados en los experimentos.

2.1.1.2. Recubrimientos en multicapas de Polyurea

Se forma la composición de revestimiento a partir de una mezcla de reacción que comprende un componente isocianato funcional y un componente aminofuncional. La relación de equivalentes de grupos isocianato a equivalentes de grupos amina es mayor que 1, mientras que la relación de mezcla de volumen de componente isocianato funcional a la amina funcional puede aplicarse a un sustrato con relación 1: 1.

La presente invención se refiere a un revestimiento multicomponente, composiciones aplicadas a sustratos, en particular para proporcionar protección contra corrosión, abrasión, daños por impacto, luz UV y/u otras condiciones ambientales.

Los revestimientos compuestos encuentran uso en diversas industrias, incluyendo el revestimiento y/o pintura de vehículos automotores. En estas industrias, y en la industria automotriz en particular, se han realizado esfuerzos considerables para desarrollar el revestimiento. En la industria automotriz, recubrimientos se han aplicado a varios sustratos para ambos fines protectores y estéticos. Los recubrimientos se utilizan para proteger los componentes del vehículo contra daños cosméticos (p. ej., abolladura, arañazos, decoloración, etc.) debido a la corrosión, abrasión, impactos, productos químicos, luz ultravioleta y otros exposición ambiental. Además, color pigmentado y los recubrimientos transparentes de alto brillo típicamente sirven además como decorativos cuando se aplica a sustratos de carrocería de vehículos. Estos recubrimientos de múltiples componentes pueden incluir hasta seis o más capas de revestimiento aplicadas individualmente sobre el sustrato por uno o más métodos de recubrimiento, que incluyen métodos de electrodeposición.

Los elastómeros de poliurea han estado entre los componentes de revestimiento que se aplican comercialmente a varios sustratos para proporcionar protección a los sustratos y para mejorar las propiedades de los sustratos. Las composiciones de poliurea se han utilizado para proteger recubrimientos en aplicaciones industriales para el recubrimiento de equipos de

procesos para proporcionar resistencia a la corrosión y selladores en una variedad de ambientes agresivos. Adicionalmente, los elastómeros de poliuretano se han utilizado para alinear vagones y camiones camas. Tales recubrimientos para vagones y camiones proporcionan protección contra daños cosméticos, así como protección contra corrosión, abrasión, daños por impacto, productos químicos, luz UV y otras condiciones ambientales.

Por consiguiente, es deseable proporcionar un recubrimiento de poliurea que pueda mejorar la adhesión a recubrimientos previamente aplicados o al sustrato, y/o tienen una relativa menor viscosidad que mejora el estado fluido del recubrimiento por un período de tiempo más largo.

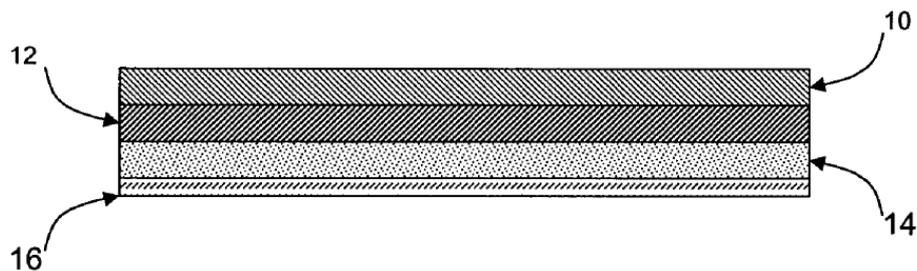


Figura 10 Revestimiento en multicapas

2.1.1.3. Pruebas explosivas en placas de acero recubiertas de poliurea

Este trabajo presenta los resultados de estudios experimentales y numéricos para investigar el efecto de los recubrimientos de poliurea en la deformación de las placas de acero bajo carga de chorro localizado. Inicialmente se realizaron experimentos exploratorios y modelos numéricos para desarrollar una metodología de prueba explosiva y proporcionar datos de validación preliminares para modelado numérico.

Usando la metodología desarrollada, se realizaron pruebas explosivas conducido en placas de acero desnudas y recubiertas de poliurea, donde todas las configuraciones de placa tenía la misma densidad de área. Se descubrió que las placas recubiertas de poliurea daban

como resultado mayores deformaciones residuales en comparación con las placas no revestidas. Las deformaciones aumentan con el espesor del recubrimiento. Imágenes de video de alta velocidad de los eventos revelaron que los recubrimientos de poliurea deshuesaron e hiper-extendido durante los eventos, antes de descansar contra el plato. Esto dio como resultado deformaciones transitorias de los recubrimientos de poliurea que fueron aproximadamente el doble que las placas de acero desnudas.

Se describió una serie de pruebas de explosión que fue diseñada para determinar si la aplicación de recubrimientos de poliurea a placas de acero puede reducir su deformación bajo la carga de la explosión, en comparación con placas de acero sin recubrimiento con un equivalente densidad de área. Los experimentos también investigaron cómo la relación de poliurea a acero afecta la deformación en placas de masa equivalente.

Se encontró que las deformaciones residuales máximas promedio de las placas aumentan con espesor de recubrimiento. Se encontraron incrementos de 8% y 18% para las placas de acero de 5 mm con Recubrimientos de poliurea de 7,7 mm y placas de acero de 4 mm con recubrimientos de poliurea de 15,7 mm, respectivamente, en comparación con las placas de acero sin recubrimiento de 6 mm. Esto demostró que eso aunque los recubrimientos de poliurea se pueden aplicar como aplicación a las placas de acero para reducir su deformación residual (Ackland et al., 2007), las placas de acero desnudas son más

La deformación transitoria de la placa / poliurea es una medida más útil de rendimiento que la deformación residual, ya que define la distancia detrás de la placa dentro del cual puede ocurrir daño. Se usó una cámara de alta velocidad para capturar el deformación transitoria en el centro de la placa, y las imágenes revelaron que la poliurea recubrimientos deshuesados durante los eventos. Como resultado, las placas con recubrimientos de poliurea en la cara

posterior tenía aproximadamente el doble del pico de deformación transitoria en comparación a las planchas de acero desnudas.



Figura 11 Deformación posterior al evento de una placa de acero desnuda de 6 mm de espesor

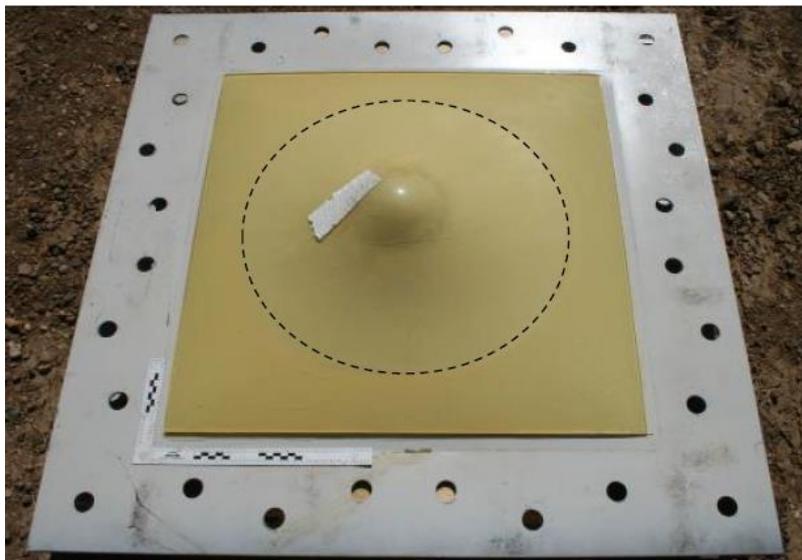


Figura 12 Deformación posterior al evento de una placa de acero de 5 mm de espesor con 7.7 mm recubrimiento de poliurea, que muestra la desunión sobre un área circular en el centro del plato (bordeado por la línea discontinua).



Figura 13 Placa de acero desnuda de 6 mm que muestra ruptura después del evento 7, en que una sonda mecánica se colocó debajo de la placa

2.2 Bases Teóricas

2.2.1. Fajas Transportadoras:

La historia de las fajas transportadoras tiene su origen en la segunda mitad del siglo XVII. Desde entonces, las fajas transportadoras han sido una parte inevitable de transporte de material. Fue en 1795 cuando la faja transportadora se convirtió en un medio popular para el transporte de materiales a granel. En un principio, se utilizaban solo para mover sacos de grano en distancias cortas. El sistema de transporte y de trabajo era bastante simple inicialmente. El sistema de transporte disponía de una cama plana de madera y un cinturón que movía dicha cama (Figura 14).



Figura 14 Cinta transportadora de mitad del S.XIX

Anteriormente, las fajas transportadoras estaban hechas de cuero, lona o de goma. Este sistema era muy popular para el transporte de objetos voluminosos de un lugar a otro.

A principios del siglo XX, las aplicaciones de las fajas transportadoras se hicieron más amplias. Hymle Goddard de Logan fue la primera compañía en recibir la patente para el transportador de rodillos, pero el transportador de rodillos no prosperó. Unos años más tarde, en 1919, se comenzó a utilizar el transportador automotriz, y con ello, la faja transportadora se convierte en una herramienta popular para el transporte de mercancías pesadas y grandes, dentro de las fábricas. Durante la década de 1920, las fajas transportadoras eran muy comunes, y por ello sufrieron grandes cambios, utilizándose en las minas de carbón para manejar lotes de más de 8 km. La banda se fabricaba con varias capas de algodón y cubiertas de goma. Uno

de los puntos de inflexión en la historia de las fajas transportadoras, fue la introducción de bandas transportadoras sintéticas. Fueron introducidas durante la Segunda Guerra Mundial, principalmente debido a la escasez de materiales naturales como el algodón, el caucho y lona. Desde entonces, las fajas transportadoras sintéticas se han hecho populares en diversos campos. Con la creciente demanda en el mercado, muchos polímeros sintéticos y telas comenzaron a ser utilizados en su fabricación. Hoy en día, el algodón, la lona, el EPDM, cuero, neopreno, nylon, poliéster, poliuretano, uretano, PVC, caucho, silicona y acero se utilizan comúnmente en su diseño. La elección del material utilizado para su fabricación, en definitiva, está determinada por su aplicación.

2.2.2 Materiales a transportar, tamaños y temperaturas

Los primeros materiales que se transportaron por faja y de los que se tiene noticia histórica, fueron los cereales, las harinas y salvados derivados de los mismo. Con posterioridad, el otro producto más transportado fue el carbón y ello sucedió principalmente en Inglaterra, a consecuencia de la explotación de las minas desde el S.XIX hasta hoy en día. Las capacidades a transportar y las distancias eran pequeñas desde el punto de vista actual. Desde aquellos comienzos, el empleo de fajas transportadoras se ha ido extendiendo de una forma progresiva a casi todos los materiales a granel encontrados en su estado natural y empleados en industrias de todo tipo, entre los que se puede citar todos los minerales, piedras, gravas y tierras. También se transportan productos fabricados partiendo de los naturales, tales como el cok, clinker, cementos, etc. En la agricultura también se transportan productos como patatas remolacha etc. Puede decirse, que las cintas transportadoras se emplean principalmente en las industrias extractoras, como minas subterráneas y a cielo abierto, canteras y graveras. industrias siderúrgicas, centrales térmicas, instalaciones de almacenamiento, industrias fertilizantes y otras industrias menos importantes.



Figura 15 Faja transportadora de acopio de hormigón

Desde el punto de vista del tamaño del material a transportar, hoy en día, la dimensión de los trozos o partículas, varía desde el polvo hasta 300 o 400 mm, por lo que para el caso de piedras en las canteras es necesaria una previa trituración. En lo que se refiere a temperaturas, pueden transportarse materiales como clinker y el cok, con temperaturas de hasta más de 200° C, gracias a los avances logrados en la fabricación de recubrimientos con gomas de calidad adecuada.

2.2.3 Capacidades a transportar y longitudes

Teniendo en cuenta el proceso de fabricación de bandas, tanto en anchura como en calidades, es corriente en la actualidad el transporte de hasta 10000 T/hora, existiendo fajas especiales que transportan hasta 50000 T/hora. Respecto a la longitud, existen cintas de hasta 30 km.



Figura 16 Faja transportadora para extracción de fosfatos de Marruecos

2.2.4 Ventajas ambientales y de seguridad

Para evitar la dispersión de polvos, es necesario realizar un recubrimiento de la faja transportadora en su recorrido, contribuyendo así a mantener una atmósfera limpia. En la actualidad es posible reducir por completo la emisión de polvo al exterior mediante la instalación de cintas tubulares (pipe conveyors), esto es obligatorio si la cinta está cercana a núcleos urbanos.

2.2.5 Carga y descarga

Aunque en general las fajas transportadoras se cargan y descargan en los extremos de la misma, es posible efectuar la carga en un punto cualquiera a lo largo de su longitud mediante dispositivos diversos, como son las tolvas, o directamente sobre otras fajas. La descarga de las fajas se efectúa por lo general en cabeza, pero es posible hacerla también en cualquier punto fijo de la misma, o de una forma continua, empleando disposiciones constructivas adecuadas como son los trippers y derivados laterales. Mención especial merece la carga

cuando se lleva a cabo en los parques de minerales (Figura 17), pues se efectúa en toda su longitud mediante un carro de recogida, generalmente llamado reclaimer.



Figura 17 Reclaimer de la mina de carbón de Kestrel-Australia

2.2.6. POLEAS PARA FAJAS TRANSPORTADORAS Y SUS REVESTIMIENTOS

- Reforzadas para trabajo pesado

Los mantos de poleas de 14'' y más de diámetro se fabrican en cilindros coronados a medida por medio de un proceso de “formación” en frío que incrementa la solidez del acero. Presentan una construcción de dos mitades de mantos, una técnica exclusiva y perfeccionada que permite el uso de discos internos en poleas de cara coronanda o de cara recta y de esta manera, crea una polea más fuerte y redondeada. Los discos terminales se cortan a una calibración micrométrica. Los mantos, discos y cubos son completamente de acero y se fusionan a través de un proceso de soldadura eléctrica con arco sumergida profunda con barras de apoyo utilizadas bajo las soldaduras longitudinales de los mantos. El resultado, una fabricación de

tambor continuamente soldado, con barreras contra la suciedad, agua y vapor incorporadas; menos mantención; servicio de poleas extendido; y lo más importante, una reducción drástica de la deformación radial y desviación longitudinal en el manto.

La deformación radial es un problema particularmente grave cuando se utiliza una polea con un ángulo de contacto bajo una aplicación de alta tensión. La adición de discos internos, más la fabricación más pesada que lo normal, no solo permite que la Polea funcione sobre cualquier ángulo de contacto, sino que también incrementa su momento de inercia brindándole resistencia y rigidez adicionales mientras que disminuye el grado de desviación longitudinal. Las poleas de 14'' de diámetro, y de 26''-44'' de ancho tienen un disco interno; las poleas de 46''-64'' de ancho tienen dos discos internos; y las poleas de 65'' y más de ancho tienen 3 o más discos internos.



Figura 18 Polea reforzada para trabajo pesado

Hoy en día, los sistemas transportadores se mueven más rápido y cargan mayor tonelaje que nunca antes. Cuando estos sistemas necesitan poleas de tambor que excedan los factores de servicio ANSI/CEMA normales, se requiere de una solución extrema.

La polea de tambor está diseñada con discos terminales más pesados que las poleas con diseño ANSI/CEMA. Se han diseñado para funcionar por más tiempo con discos terminales pesados (diseño rígido) para minimizar la fatiga del disco debido a la flexión del eje.

Debido a su fabricación de servicio pesado y antecedentes comprobables en la industria subterránea, las poleas de trabajo minero a menudo se utilizan sobre la superficie para sacar ventaja de su factor de servicio agregado. Las poleas de servicio minero estándar se encuentran disponibles en diámetros que van desde las 12'' hasta las 60'' y hasta 76'' de anchura de cara. Muchos tipos de revestimientos se encuentran disponibles, incluido SBR, Neopreno y Neopreno Conductivo Estático.



Figura 19 Polea típica de servicio minero

No existen estándares ANSI/CEMA que regulen la clasificación de carga o espesor del material de las poleas de Trabajo Minero. La siguiente tabla compara el factor de servicio adicional que el Trabajo Minero ha comparado con las calificaciones ANSI/CEMA para una polea estándar

Tamaño de Polea	Diámetro del eje	Centros del conjinete	Clasificación carga ANSI/CEMA	Factor de Servicio Trabajo Minero
14 X 26	3 7/16"	32"	11,600	1.58
18 X 32	4 7/16"	40"	19,000	2.06
24 X 44	5 7/16"	54"	26,600	2.01
36 X 57	7"	69"	49,000	2.19

Tabla 1 Comparación del factor de servicio con calificaciones ANSI/CEMA para poleas

NOTA: Las clasificaciones ANSI//CEMA representan la carga máxima para el eje con un esfuerzo de flexión de 8.000 psi. El factor de servicio representa la razón de clasificación de la carga de la polea a la clasificación de la carga del eje

Los Discos de Turbina son poleas transportadoras de punta que se utilizan en sistemas de cinta de cable de acero de gran tonelaje donde la tensión de la cinta a menudo puede sobrepasar las 200 libras. Estos sistemas requieren una polea especial diseñada para minimizar la fatiga inherente en la polea, la cual resulta de los procesos de rodadura y soldadura durante la fabricación. El disco integral lateral Tipo Turbina reemplaza el cubo crítico por soldaduras de disco terminal con un gran radio de transición diseñado para minimizar la fatiga. La única soldadura en el disco terminal es donde está soldado al manto, la cual se encuentra en el punto de menor fatiga del disco terminal.

Las Poleas de Tambor de Disco Tipo Turbina se encuentran disponibles con montajes con mecanismos de bloqueo sin llave que llegan a las 37 ½" de diámetro.

El sistema transportador más sofisticado del mundo no vale un peso cuando está sin funcionar. Aunque, la tendencia obvia hacia sistemas más grandes, más complejos y más exigentes amerita mejoras en la tecnología e ingeniería en todo el sistema...y la aplicación de estas mejoras.

La Polea de Tambor Doble constituye una clase por sí sola. Está diseñada para conocer estas condiciones de carga exigentes y ha establecido una calificación de desempeño impresionante de muchos clientes satisfechos. De hecho, con cientos de Poleas de Tambor Doble actualmente en servicio en todo el mundo, se ha probado a sí misma en diseño y desempeño. Un diseño único de tambor dentro de otro tambor que disminuye la pendiente del disco terminal y minimiza la fatiga del manto y del cubo. Un diseño de polea que disminuye la desviación del eje entre los cubos y previene que los discos terminales se pre-fatiguen cuando se ensamblan los cubos tipo cónico.



Figura 20 Polea de Doble Tambor

En muchas aplicaciones, los discos terminales pueden ser retenidos a un grosor mucho más práctico; el cual, de hecho, resulta en una polea más liviana y económica que aquellas con discos terminales de mayor peso.

Esto es especialmente cierto en el área de las poleas transportadoras. Por ejemplo, en años recientes, los sistemas transportadores modernos y de alto tonelaje y el uso en aumento de cintas reforzadas con cables de acero han creado fuerzas que no se habían considerado en el diseño de poleas actual. El resultado, falla de la polea. Por consiguiente, ha habido suficientes causas para que los ingenieros diseñen niveles de desviación y fatiga más

conservadores. De hecho, hasta que no haya pruebas en terreno más precisas y se puedan acumular aplicaciones de retroalimentación de la manera más práctica de evitar fallas prematuras es diseñando para estos niveles de fatiga y desviación más bajos. La Polea de Tambor Doblele ahorra una tonelada a su sistema transportador.

- **Revestimiento superior rugoso**

El Revestimiento de Caucho Superior Rugoso se encuentra disponible vulcanizado o empernado. La Superficie Rugosa Vulcanizado es de dureza Shore A 60 ± 5 , Caucho Negro SBR. Se adhiere directamente al manto de la polea en el proceso de vulcanización.

El material de Revestimiento de Superficie Rugosa Empernado se aplica al manto de la polea, el cual está recubierto con un adhesivo especial, y fijado al manto de la polea con fuertes tornillos taladradores al comienzo y al final del revestimiento.

La cubierta superior de ambas superficies Rugosas tiene miles de dedos que agarran la cinta. Esta superficie irregular incrementa la capacidad de tracción y ayuda a mantener el caucho limpio.

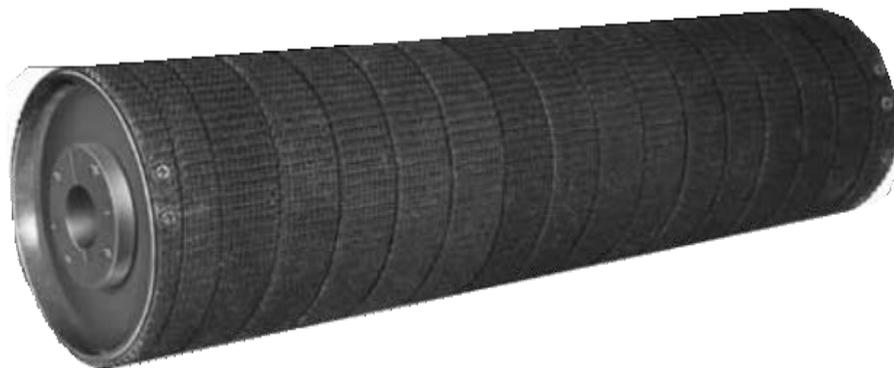


Figura 21 Revestimiento de caucho superior rugoso

- **Revestimiento deslizante (Slide Lag)**

El caucho de calidad está unido a unas almohadillas de tracción especiales que se adecúan a la llanta de la polea. Las almohadillas se deslizan dentro de unos retenedores soldados dentro de la llanta de la polea. Las nuevas almohadillas se pueden reemplazar fácilmente sin remover la polea del transportador. Slide-Lag es una marca registrada de Holz Rubbers Co., Inc



Figura 22 Revestimiento deslizante

- **Revestimiento ranurado de caucho vulcanizado**

El revestimiento de caucho vulcanizado es de dureza Shore A 60 ± 5 , caucho negro S.B.R. sin tejido de tela. Se une directamente al manto de la polea en el proceso de vulcanización. La superficie de caucho terminada tiene una impresión de tela. Cuando se requiere el RANURADO, haga el favor de especificar si se desea espina de pez u otro tipo de ranurado. Comúnmente, el ranurado no debe utilizarse en caucho vulcanizado de menos de $3/8''$ de grosor.

NOTA: La dirección del ranurado debe establecerse si nosotros suministramos el revestimiento e instalamos un eje. Generalmente, el ranurado debe dirigirse con el vértice del patrón guía.

2.2.7 Materiales y Estilos de revestimientos

SBR – Uso general: Vulcanizado a la polea, Resistente a la abrasión, Alta tracción en aplicaciones húmedas.

D-lag – Uso general: Ambiente hostil, Vulcanizado a la polea, Alarga la vida un 73% más que un SBR estándar, Alta resistencia a la abrasión, Excelente tracción en aplicaciones húmedas, Aplicaciones pesadas como minería, cemento y agregado.

Neopreno – MSHA aprobado, Vulcanizado a la polea, Resistencia al aceite y fuego, Generalmente usado en minas bajo tierra.

Wing lag – Reemplazable, Disponible en poleas con aletas CEMA, Resistencia a productos químicos, temperaturas de 100°C y abrasivos, Prolonga la vida de contacto de las barras, Resuelve los problemas de abrasión en las aletas.

Cerámico – Para maximizar la vida útil, Pegado en frío o Vulcanizado a la polea, resuelve los problemas de tracción o fallas relacionadas a la abrasión, ranuras estándar para el escurrimiento del agua, utilizado en empresas mineras y cementeras.

FOS- Fuego, aceite y resistencia estática, Vulcanizado o reemplazable, Conductividad estática – menor a 1×10^6 ohm, Manejo de granos y fertilizantes.

HOLZ Slide Lag - Reemplazable, Retenedores resistentes a la oxidación, Caucho vulcanizado en placas de soporte reemplazable, Doble ranura tipo Chevron, Revestimiento Reemplazable sin retirar la polea en operación.

Revestimientos especiales, Silicona – Amplio rango de temperatura de operación -50°C a 200°C, Uretano – Alta abrasión, tensión y rendimiento a la elongación, FDA – Aplicaciones en alimentos

- Modelos de revestimiento



Espina de pescado (herringbone)

Ranuras en la dirección de rotación

Expulsa el agua de la correa

Utilizado en poleas motrices

En rombos (diamond)

Para Poleas con giro bi-direccional

Expulsa el agua de la correa

Capacidad reversible de la polea motriz

Reduce el inventario de repuestos de la polea

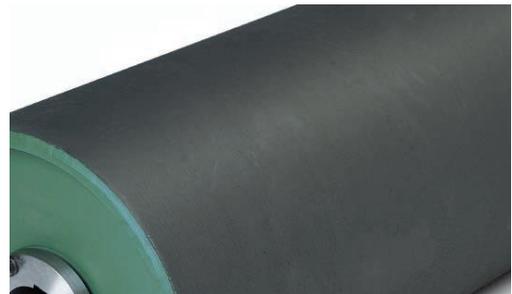


Liso (plain)

Superficie del revestimiento con caucho suave

Protege las poleas no-motrices en el lado sucio

de la correa

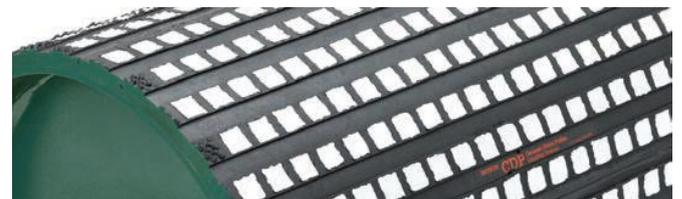


Cerámico (ceramic)

Para Poleas con giro bi-direccional

Expulsa el agua de la correa

Capacidad reversible de la polea motriz



Chevron

Las ranuras se unen en el lado central



de la polea

Utilizado en poleas motrices

El agua escurre en cualquier dirección

Circunferencial

Ranuras alrededor de la circunferencia de la polea

Utilizado en poleas no-motrices

Permite la deflexión del revestido para auto- limpieza



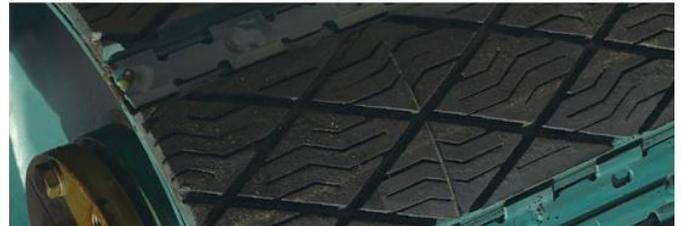
Slide-Lag revestible

Para Poleas con giro bi-direccional

Expulsa el agua de la correa

Capacidad reversible de la polea motriz

Recambiable en campo



2.2.8. Elastomeros

En los últimos años, uno de los sistemas que más ha evolucionado y se ha desarrollado ha sido la impermeabilización de todo tipo de cubiertas mediante el uso de membranas proyectables basadas en Poliureas o poliuretanos híbridos.

Varios sistemas elastoméricos se han desarrollado en los últimos 75 años y van desde los sistemas monocomponentes hasta los multicomponentes que usan solventes y

catalizadores para dar lugar a la reacción al combinar el producto y así obtener un elastómero común como los epóxicos, poliésteres, polisulfidos y el vinilester, etc.

Por lo general los sistemas monocomponentes se utilizan para recubrimientos comerciales en impermeabilizaciones. Éstos sistemas solamente soportan las condiciones climáticas normales. No están diseñados para aplicaciones industriales donde los químicos, ácidos y contaminantes están presentes.

Los epóxicos son los que más se han utilizado en la historia y existen una amplia gama de formulaciones y usos. Las limitaciones de los recubrimientos epóxicos se encuentran en:

- El tiempo que toma su instalación.
- El extenso tiempo del curado.
- El alto contenido de tóxicos al aplicarlo y al manejarlo.

La Polyurea tiene muy pocas limitaciones y una alta confiabilidad de manejo para aplicaciones en ambientes industriales donde los químicos, los ácidos, la corrosión y la abrasión están presentes. La Polyurea no requiere ni usa catalizadores para el proceso de curado ni siquiera para aplicaciones en temperaturas menores a -5°C.

	POLIUREA	POLIURETANO	HÍBRIDOS
COMPONENTES	ISOCIANATO + POLIAMINA	ISOCIANATO + POLIOL	ISOCIANATO + POLIAMINA + POLIOL
TIEMPO DE CURADO	6 - 8 SEGUNDOS	10 - 120 SEGUNDOS	10 - 120 SEGUNDOS
TEMPERATURA DE APLICACIÓN	70 - 80 °C	50 - 70 °C	50 - 70 °C
PRESIÓN DE APLICACIÓN	>2000 PSI	800 - 1600 PSI	800 - 1800 PSI
ELONGACIÓN	300 - 500 %	100 - 200 %	200 - 300 %
RESISTENCIA QUÍMICA	INTERMEDIA	ALTA	ALTA
RESISTENCIA A RAYOS UV	ALTA*	BAJA	INTERMEDIA
ESPESOR	1,5 mm - 3 mm	Mínimo 2 mm	Mínimo 2 mm
VOC'S	NO	SI	SI
COSTO	ALTO	BAJO	INTERMEDIO
MODO DE APLICACIÓN	SPRAY	MANUAL Y/O SPRAY	SPRAY
RESISTENCIA TÉRMICA	ALTA	BAJA	INTERMEDIA

Tabla 2 Propiedades mecánicas de los elastomeros

Propiedades	Geomembrana convencional	Geomembrana Polyurea
Versatilidad en la Implementación	Baja	Rápido, 500 sqm por día
Disponibilidad	Alta	ALTA
Flexibilidad	Quebradizo	hasta 345%
Resistencias a la Tracción	Buena	excelente
Fuerza de tracción	Módica	excelente
Resistencia química	Buena	excelente
COV libre	No	si
Estabilidad térmica	-20°C a 110°C	-60°C a +160°C
Monolítica	No	si
Duración	15 años (máximo)	40 años

Tabla 3 Cuadro comparativo de propiedades: Geomembrana convencional vs Geomembrana de Polyurea

2.2.9. La Polyurea en la Industrias:

- Poliurea para la construcción.
- Poliurea en recubrimientos industriales.
- Poliurea para silos, canales, piscinas.
- Poliurea para impermeabilizaciones
- Poliurea para pavimentos.
- Poliurea para cubiertas, terrazas.
- Poliurea en reformas, protección vehículos 4x4, industria naval, industria aeroespacial, industria nuclear etc.

2.2.10. La Polyurea en la Industria Minera:

Los productos de poliurea son la siguiente evolución de revestimientos de protección para la industria minera. Estos recubrimientos de poliurea ultrarresistentes, simplemente superan al epoxi, poliuretano y a otros productos híbridos.

Ventajas de la Polyurea para la Industria Minera:

- Más fuerte, más duradera y con una mayor vida útil para un mayor retorno de inversión.
- Excelente resistencia a muchos productos químicos e hidrocarburos.
- Alargamiento superior, una mayor flexibilidad y no se agrieta ni deja cáscara como la epoxi. La poliurea es capaz de soportar la expansión y contracción del sustrato causada por los ciclos climáticos anuales.
- Aplicación superior. Aplicable a cualquier espesor en una sola aplicación.
- Rapidez. Cura rápida, vuelta al servicio en cuestión de horas, no de días.
- Hidrofóbica – la poliurea se ve poco afectada por las superficies frías durante el proceso de aplicación.
- Aplicable en una amplia gama de temperaturas (por debajo de -51°C a $> 177^{\circ}\text{C}$.)
- Contiene 100% de sólidos, sin compuestos orgánicos volátiles, solventes o ingredientes que afecten la capa de ozono.
- Curado en 4 segundos, puesta en servicio en menos de 24 horas.
- Recubrimiento de cualquier geometría o forma irregular existente de forma completamente adherida.
- Máxima adherencia sobre cualquier soporte.
- Insensibilidad al agua y a la humedad.
- Aplicable sobre cualquier tipo de sustrato.
- Solidez en un 100%

- Alta densidad y estanqueidad.
- Resistente a la abrasión, compresión, desgarro.
- Resistente a los rayos U.V.
- Resistente frente a medios ácidos o alcalinos y a diversos agentes químicos.
- Resistente a los efectos climatológicos.
- Ofrece excelente protección ante la corrosión.
- Resistencia química.
- Antiraíces.
- Rango de temperatura de trabajo desde -40°C hasta +180°C.
- Exento de disolventes.
- Excelente estabilidad durante el almacenamiento, estable a temperaturas frías.
- Aplicable en condiciones de humedad de soporte.

2.3 Definición de Términos Básicos

2.3.1 Diseño

Según (BUYINAS 2012), diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad o resolver un problema particular. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse (BUYINAS 2012)

2.3.2. Diseño de Ingeniería

“Es la creación de planos necesarios para que las máquinas, las estructuras, los sistemas o los procesos desarrollen las funciones deseadas” (MA SAN ZAPATA 2013)

“El diseño puede ser simple o enormemente complejo, fácil o difícil, matemático o no matemático, y puede implicar un problema trivial o uno de gran importancia” (MA SAN ZAPATA 2013)

El diseño de ingeniería es definido como el proceso de aplicar las diversas técnicas y principios científicos con el objeto de determinar un dispositivo, un proceso o un sistema con detalles suficientes que permitan su realización (MA SAN ZAPATA 2013).

2.3.3 Que es la Polyurea ?

Las Polyureas son una familia de polímeros sintéticos que se obtienen de la reacción del isocianato con una poliamida, es una reacción de polimerización por condensación similar a la del poliuretano, excepto porque en este caso el enlace formado corresponde al enlace urea, por esto es llamada polyurea.

2.3.4 Síntesis Química:

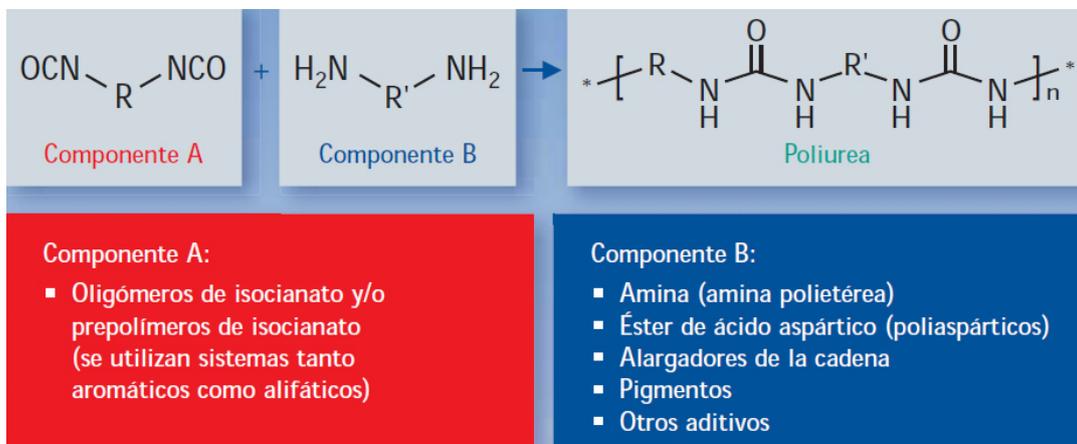
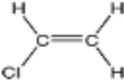
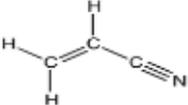
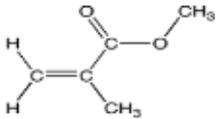


Figura 23 Reaccion típica de secdo de la Polyurea

2.3.5 Polimerización: Reacción química de formación del polímero

Abreviatura	Nombre	Monómero
PE	Poliétileno	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$
PP	Polipropileno	$\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH}_3$
PS	Poliestireno	$\text{H}_2\text{C} = \text{CH}$ 
PVC	Policloruro de vinilo	
PAN	Poliacrilonitrilo	
PMMA	Polimetacrilato de metilo	

1. Iniciación $\text{I-I} \rightarrow 2\text{I}^*$ (1).
2. Crecimiento $2\text{I}^* + \text{CH}_2 = \text{CHX} \rightarrow \text{I-CH}_2\text{-C}^*\text{HX}$ (2).
3. Crecimiento $\text{R}^*n + \text{monómero} \rightarrow \text{R}^*n+1$ (3).
4. Terminación $\text{R}^*n + \text{R}^*p \rightarrow \text{P}_{n+p}$ (4).

Tabla 2: Familias de polímeros que se sintetizan por Condensación.

	Reactantes	Polímero
Dioles	$\text{HOH}_2\text{C} - \text{R} - \text{CH}_2\text{OH}$	Poliésteres
Diácidos	$\text{HOOC} - \text{R}' - \text{CO} - \text{OH}$	$-\text{R} - \text{CH}_2 - \text{COO} - \text{R}' -$
Diaminas	$\text{H}_2\text{N} - \text{R} - \text{NH}_2$	Poliámidas
Diácidos	$\text{HOOC} - \text{R}' - \text{CO} - \text{OH}$	$-\text{R} - \text{NHCO} - \text{R}' -$
Dioles	$\text{HOH}_2\text{C} - \text{R} - \text{CH}_2\text{OH}$	Poliuretanos
Díisocianatos	$\text{OCN} - \text{R}' - \text{NCO}$	$-\text{R} - \text{CH}_2 - \text{NHCOO} - \text{R}' -$

2.3.6. Mantenimiento

El mantenimiento se define como el conjunto de actividades que intentan compensar la degradación causada por el tiempo y el uso en equipos e instalaciones. Los departamentos de mantenimiento, teniendo en cuenta esta definición, intentan asegurar objetivos básicos: disponibilidad, confiabilidad, vida útil y coste. De la mano con la operación de la

maquinaria la Utilización es otro indicador importante que nos ayudara a calcular la Eficiencia del Activo.

Las siguientes definiciones se pueden diferenciar en las operaciones de mantenimiento:

- **Mantenimiento:** conjunto de actividades que tienen por objeto preservar o reactivar un equipo para cumplir sus funciones.
- **Mantenimiento de la conservación:** Está destinado a compensar el deterioro del equipo que se ha visto afectado por el uso, en función de las condiciones físicas y químicas a las que ha sido sometido. En el mantenimiento de la conservación se pueden diferenciar:
 - **Mantenimiento correctivo:** Se encarga de corregir los fallos o averías observadas.
 - **Mantenimiento correctivo inmediato:** Es el que se realiza inmediatamente de aparecer la avería o avería, con los medios disponibles, destinados a tal fin.
 - **Mantenimiento correctivo diferido:** Cuando se produce la avería o fallo, se produce una parada de la instalación o equipo en cuestión, para posteriormente hacer frente a la reparación, solicitando los medios para ello.
 - **Mantenimiento preventivo:** Este mantenimiento tiene por objeto garantizar la fiabilidad de los equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o una avería por cualquier deterioro.
 - **Mantenimiento programado:** Realizado por programa de revisiones, por tiempo de operación, kilometraje, etc.
 - **Mantenimiento predictivo:** Es el que realiza las intervenciones prediciendo el momento en que el equipo estará fuera de servicio mediante un seguimiento de su

funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en que se deben realizar las reparaciones.

- **Mantenimiento de la oportunidad:** Es el que aprovecha las paradas o periodos de no utilización del equipo para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento del equipo en el nuevo periodo de utilización.
- **Actualización de mantenimiento:** Su objetivo es compensar la obsolescencia tecnológica o las nuevas necesidades que no existían en el momento de la construcción o que no se tuvieron en cuenta, pero que deberían tenerse en cuenta.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Tecnológico Descriptivo: Según (Sanchez, y otros, 2015), Es aquella que responde a problemas técnicos, aprovechándose del conocimiento teórico científico producto de la investigación básica. Asimismo, organiza reglas técnicas cuya aplicación posibilita cambios en la realidad.

El tipo de diseño de investigación que se va a desarrollar en el presente trabajo es de tipo básica porque solo procederemos a desarrollar los cálculos de componentes y sistemas y posteriormente definir la aplicación.

La investigación básica tiene como propósito ampliar el conocimiento científico a partir de la observación del funcionamiento de los fenómenos de la realidad (ESPINOZA, 2014)

3.2. Metodología de diseño

La metodología propuesta en la presente investigación está basada en las recomendaciones de la Asociación Alemana de Ingenieros (VDI). VDI 2221 y VDI 2225, con el título de Metodología de Diseño de Ingeniería, es el documento a partir del cual se han

extraído las directrices que dan la estructura y coherencia al plan metodológico de diseño del presente trabajo (SOVERO, 2017).

La VDI 2221 denominada Enfoque sistemático para el diseño de sistemas técnicos y productos, norma desarrollada por los ingenieros profesionales, esta analiza y entiende el problema a profundidad, es especialmente útil para la realización de productos (SOVERO, 2017)

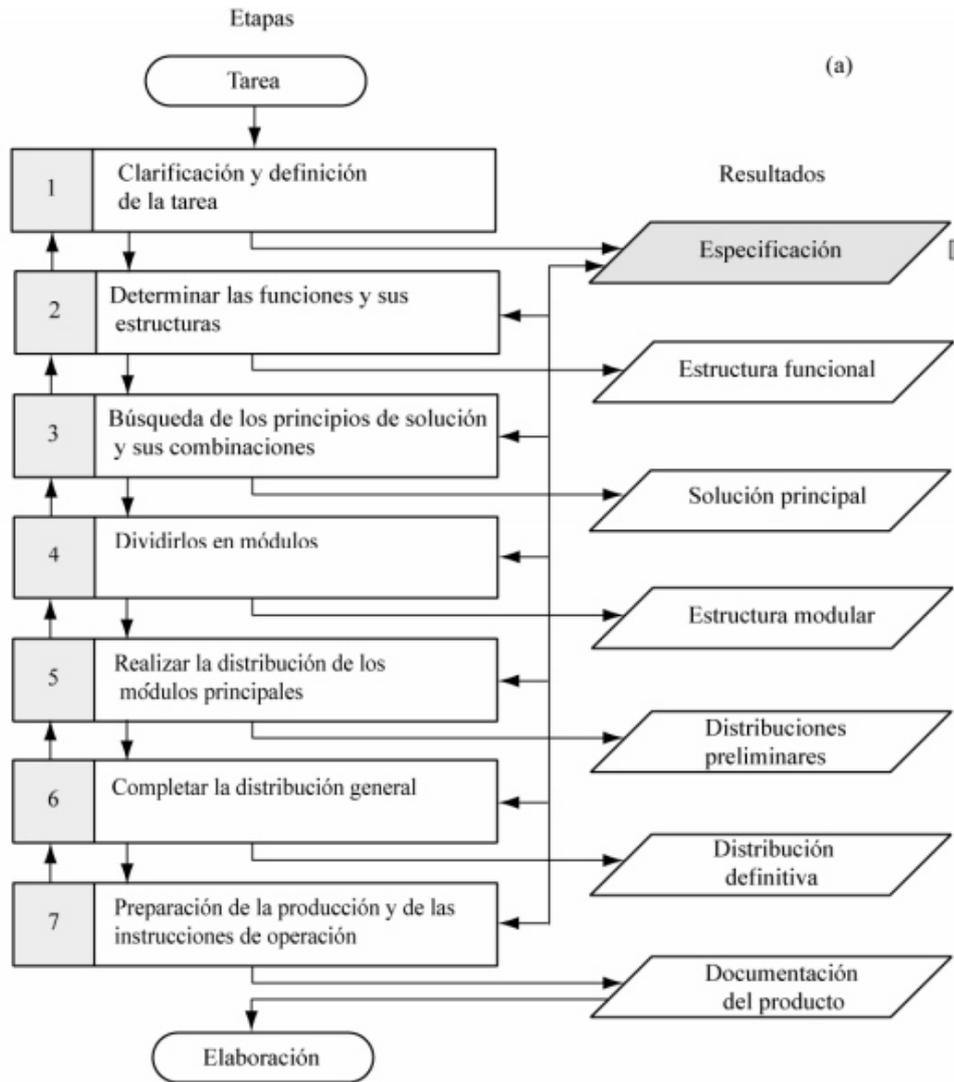
Los métodos de diseño se desarrollan en 4 fases:

Fase I: Definir el problema

Fase II: Desarrollar conceptos de solución

Fase III: Desarrollar diseño

Fase IV: Elaboración de detalles del diseño



Esquema 1 Metodología de Diseño VDI 2221 FUENTE: (Cross, Nigel, 2005)

CAPÍTULO IV: ANALISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCION

4.1. Identificación de Requerimientos

4.1.1. Lista de exigencias

Con el proposito de conseguir los mejores resultados al momento de realizar el diseño y modelado se realizará una lista de exigencias o deseos la cual nos da referencias de cómo sera realizado el diseño de la solucion del problema planteado.

LISTA DE EXIGENCIAS			Pag 1 de 10
			Edición: Rev1
PROYECTO	Optimización del recubrimiento de una polea para faja transportadora con lagging de poliurea		Fecha: 01/09/2018 Revisado: JASP
CLIENTE	Minera La Escondida SAA		Elaborado: MARC
FECHA (cambios)	DESEO O EXIGENCI	DESCRIPCION	RESPONSABLE
27/06/2019	E	FUNCION PRINCIPAL: Garantizar la operación continua de la faja sin paradas intempestivas por falla de lagging	C.V.T
01/12/2018	E	GEOMETRIA: En la polea de 2003 mm de ancho y 1220 mm de diametro se recubrirá con lagging de poliurea de 30 mm	M.R.C
01/12/2018	E	CINEMATICA: La polea y el lagging deben trabajar a 35 RPM aprox y con velocidad de la faja entre 6-8 m/s	M.R.C
01/12/2018	E	FUERZAS: La polea y el lagging deben soportar cargas radiales de 6700 TPH garantizando su continuo y optimo desempeño por 6 meses	M.R.C
01/12/2018	E	ENERGIA: El sistema de la polea y lagging interactua con la faja de caucho que soporta una carga radial de 6700 TPH la cual genera fricción y desgaste en ambos	M.R.C
01/12/2018	E	MATERIA: La faja transporta mineral de cobre particulado de 8 pulgadas en promedio	M.R.C
01/12/2018	E	SEÑALES: La faja presenta sensores que indican si la faja esta en movimiento o no	M.R.C
01/12/2018	E	SEGURIDAD: Se cuenta con PETS para amolado, aplicación, granallado y retiro de lagging revisados y aprobados por el cliente	M.R.C
01/12/2018	E	ERGONOMIA: El trabajador se expone a Vibración, Ruido excesivo, Contacto con sustancia química, Inhalación de sustancia química, Posición anti ergonómica, Baja iluminación, Trabajo en altura (eventualmente).	M.R.C
01/12/2018	E	FABRICACION: Elastomero de superiores propiedades mecanicas	M.R.C
01/12/2018	E	CONTROL: Antes del recubrimiento, la superficie de acero debe prepararse de acuerdo con los requisitos del proyecto o según lo especificado por el fabricante del revestimiento para eliminar contaminantes visibles y no visibles . Además, el acero debe poseer un perfil de superficie mínimo de 76 µm (3 mils) medido de acuerdo con ASTM D 4417 Método B. Para medir espesores con metodo de prueba no destructivo: ISO 2178/2360/2808, ISO 19840, ASTM B499/D1186/D1400/D6132/D7091/E376/G12, S3900-C5, SSPC-PA. Dureza shore A/D Normas: DIN ISO 7619, UNE EN ISO 868, ASTM D2240, NF EN ISO 868,SRIS 0101	M.R.C
01/12/2018	E	MONTAJE: Aplicación de producto por alta presión y temperatura, mediante inyección de aire de motocompresora en maquina reactiva bicomponente.	M.R.C
01/12/2018	E	TRANSPORTE: No requiere transporte especial	M.R.C
01/12/2018	E	USO: Recubrimiento de polea de faja transportadora para alargar vida util	M.R.C
01/12/2018	E	MANTENIMIENTO: Cambio de polea por condicion, revestimiento con poliurea cada 6 meses minimo y maximo con 12 horas de aplicación y puesta en marcha	er
01/12/2018	E	COSTOS: Maximo USD 15K por aplicación cada 6 meses	M.R.C
01/12/2018	E	PLAZO: Maximo 12 horas	M.R.C

Tabla 4 Lista de Exigencias

4.1.2. Secuencia de operaciones

Con el proposito de lograr nuestro objetivo, se identificará la secuencia de procesos



Esquema 2 Secuencia de Operaciones

4.1.3. Parametros de Sistema

El proceso tecnico contempla tres parametros basicos, materia, energia y señales.

Parametros de entrada:

Señales: Activacion y control, iniciados por el operador

Energia: Electrica, se suministrará una tension de 440VAC para el motor electrico del reductor

Materia: Mineral transportado por fajas transportadoras

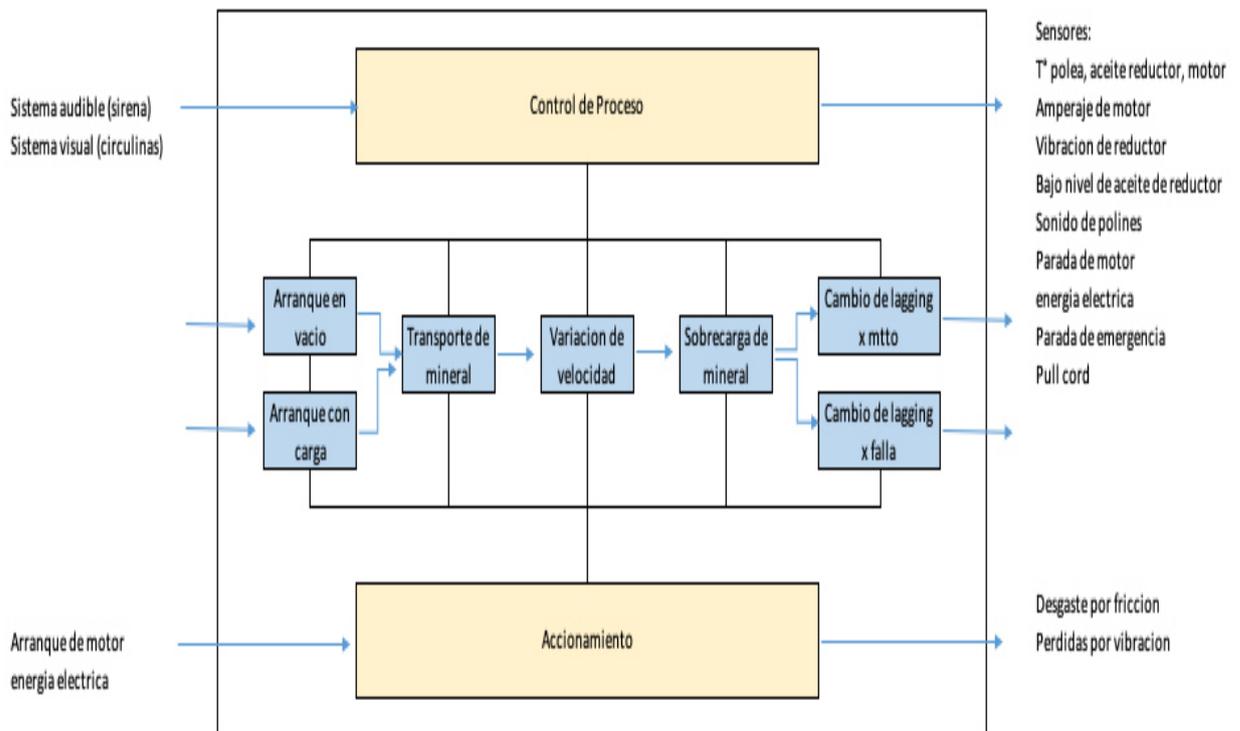
Parametros de salida:

Señales: Señales de encendido y apgado que indiquen el estado de la maquina

Energia: Se presenta como vibraciones, calor, desgaste, friccion producido por los componentes motrices del mineral.

Materia: Recubrimiento de poleas desgastados.

4.1.4. Estructura de Funciones de Caja Negra



Esquema 3 Estructura de Funciones de Caja Negra

4.1.5 Matriz Morfológica

N°	FUNCIONES	MATRIZ MORFOLÓGICA		
		PORTADORES DE SOLUCION		
1	Arranque en vacío	Cambiar material de faja transportadora de mejores propiedades mecánicas (abrasión, tracción, elongación)	Recubrir la polea con un material de superiores propiedades mecánicas (abrasión, tracción, elongación)	
2	Arranque con carga	Cambiar material de faja transportadora de mejores propiedades mecánicas (abrasión, tracción, elongación)	Recubrir la polea con un material de superiores propiedades mecánicas (abrasión, tracción, elongación)	
3	Transporte de mineral	Mejorar limpieza con rascadores	Cambiar ancho y material de faja transportadora de mejores propiedades mecánicas (abrasión, tracción, elongación)	Incrementar el diámetro de las poleas, cambiar chumaceras y sist. Motriz
4	Variación de velocidad	Recubrir la polea con un material de superiores propiedades mecánicas (abrasión, tracción, elongación)		
5	Sobrecarga de mineral	Cambiar ancho y material de faja transportadora de mejores propiedades mecánicas (abrasión, tracción, elongación)	Recubrir la polea con un material de superiores propiedades mecánicas (abrasión, tracción, elongación)	Incrementar el diámetro de las poleas, cambiar chumaceras y sist. Motriz
6	Mantenimiento programado	Aplicar recubrimiento a la polea con un material de superiores propiedades mecánicas (abrasión, tracción, elongación)		
7	Mantenimiento por falla	Cambiar ancho y material de faja transportadora de mejores propiedades mecánicas (abrasión, tracción, elongación)	Aplicar recubrimiento a la polea con un material de superiores propiedades mecánicas (abrasión, tracción, elongación)	Incrementar el diámetro de las poleas, cambiar chumaceras y sist. Motriz
		CONCEPTO DE SOLUCION 1	CONCEPTO DE SOLUCION 2	CONCEPTO DE SOLUCION 3

Esquema 4 Matriz Morfológica

4.1.6 Evaluación Técnica-Económica

Variante de concepto/proyectos		Solucion 1			Solucion 2		Solucion 3	
Nro	Criterios de Evaluacion	g	p	gp	p	gp	p	gp
1	Buen uso de la fuerza o energia	4	3	12	4	16	3	12
2	Seguridad	4	3	12	4	16	3	12
3	Rapidez	4	2	8	4	16	2	8
4	Estabilidad	4	4	16	4	16	4	16
5	Rigidez	3	3	9	3	9	4	12
6	Manipulacion	4	2	8	3	12	2	8
7	Confiabilidad	4	4	16	4	16	4	16
8	Complejidad	2	1	2	2	4	1	2
9	Automatizacion	3	2	6	3	9	2	6
10	Fabricacion	3	2	6	3	9	2	6
11	Mantenimiento	4	3	12	4	16	3	12
12	Montaje	4	2	8	4	16	2	8
13	Diseño	4	3	12	4	16	3	12
14	Ergonomia	4	3	12	4	16	3	12
15	Influencia de medio ambiente	4	3	12	3	12	3	12
Puntaje maximo $\sum p$ o $\sum gp$		55	40	151	53	199	41	154
Valor Tecnico X_i			0,67	0,69	0,88	0,9	0,68	0,7

Tabla 5 Evaluación Técnica

Nro	Criterios de Evaluacion	g	p	gp	p	gp	p	gp
1	Numero de piezas	4	2	8	4	16	2	8
2	Facil adquisicion de los materiales de fabricación	4	2	8	2	8	2	8
3	Productividad	4	4	16	4	16	4	16
4	Costos diversos	4	2	8	4	16	3	12
5	N° de operarios	4	2	8	4	16	2	8
6	Costo de tecnologia	4	2	8	3	12	2	8
7	Facil montaje	4	2	8	4	16	2	8
8	Facil mantenimiento	4	2	8	4	16	3	12
9	Costos de operación	4	2	8	4	16	3	12
10	Transporte	4	2	8	3	12	3	12
Puntaje maximo $\sum p$ o $\sum gp$		40	22	88	36	144	26	104
Valor Tecnico X_i			0,55	0,55	0,9	0,9	0,65	0,65

Tabla 6 Evaluación Económica

	ET	EE
S1	0,70	0,55
S2	0,90	0,90
S3	0,71	0,65
	0	0
	1	1

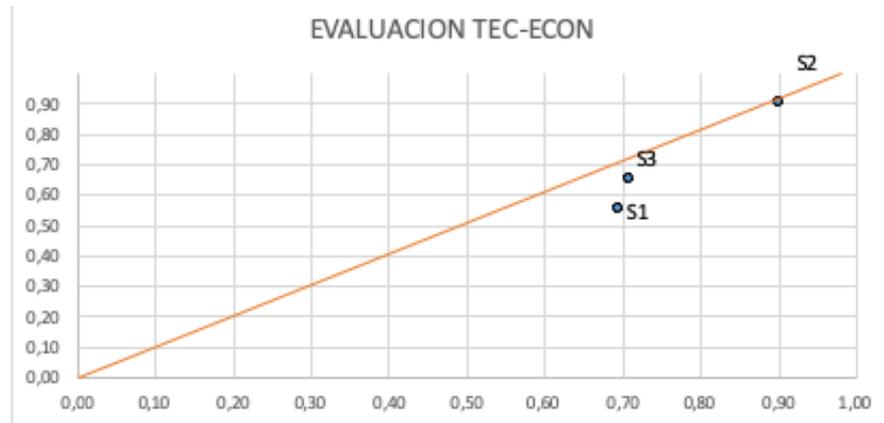


Figura 24 Evaluación Técnica-Económica

4.2 Analisis de la Solucion

Según la evaluación técnico-económica de las tres soluciones propuestas en la matriz morfológica, la alternativa que mejor da solución a nuestro problema planteado es la Solución 2.

4.2.1 Descripción del Diseño

Debido a que la solución 2 está orientada a la mejora del material del recubrimiento, se mantiene el diseño de la polea y se agrega un recubrimiento de 30 mm de acuerdo al ratio de desgaste de la poliurea.

4.3 Diseño

4.3.1. Selección del material

Los elastómeros son materiales con excelentes propiedades mecánicas, alta resistencia al desgaste, alta resistencia a la corrosión, reacción rápida y tiempos de secado en segundos, elongación y dureza, insensibles a la humedad, resistencia a la intemperie, compatible con el medio ambiente.

Entre los elastómeros, el material con superiores propiedades mecánicas es la poliurea

Propiedades	Poliuretano	Epóxido	Poliurea
Tiempo de gel	lento	lento	rápido
Resistencia a la humedad	no	no	100% insensible
Flexibilidad	600%	quebradizo	hasta 850%
Resistencias a la abrasión	módica	buena	excelente
Fuerza de tracción	buena	módica	excelente
Resistencia química	buena	buena	excelente
COV libre	no	no	si
Estabilidad térmica	-30 °C a +140 °C	-20 °C a 110 °C	-60 °C a +160 °C
Monolítica	no	no	si
Duración	buena	insuficiente	excelente

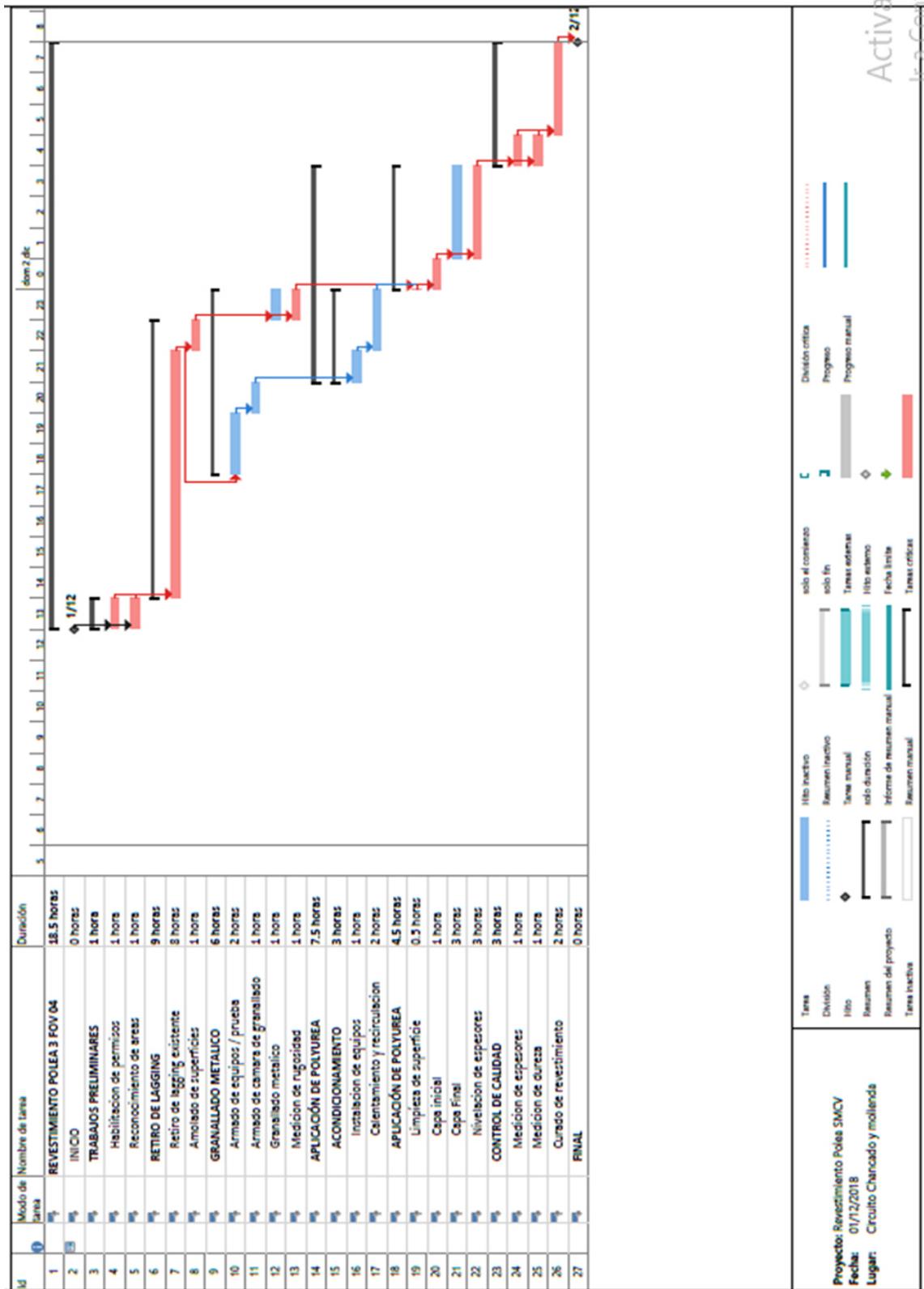
Tabla 7 Comparativo de propiedades de elastómeros

Entre las poliureas el Quickspray industrial, revestimiento para poleas, presenta mayor resistencia a la abrasión, tracción, rotura, etc; es un revestimiento duro (shore D).

CUADRO COMPARATIVO DE PRODUCTOS POLYUREA												
PRODUCTO		Tiempo de Curado (h)			T. (Spraying) °C	Elongación (%)	Dureza		Abrasión (mg)		Fuerza de Tracción (psi)	
		Caminar	Mecánico	Químico			Shore A	Shore D	Wheel CS17 / 1.000g / 1000 Cycles)	Wheel H18 / 1.000g / 1000 Cycles)	Concreto	Acero
VIP QUICKSPRAY	Supreme HE	1	2	12	70 - 80	≥ 655	75 ± 5	25 ± 5	< 49	< 223	≥ 1740	
	Xpress Standard - Cartridge spray system	1	2	12	25-30	≥ 370	95 ± 5	45 ± 5	< 11	< 50	≥ 2175	
	Industrial Soft	1	2 - 4	12 - 24	60 - 70	≥ 500	65 ± 5	19 ± 5	< 15	< 125	≥ 725	
	Industrial Slow - Hot Spray - Aromatic	2	4	12	70 - 80	≥ 350	95 ± 5	45 ± 5	< 13	< 100	≥ 2610	
	Supreme AB40	0.5	2	12	75 - 80	≥ 300	80 ± 5	29 ± 5	-	23	≥ 2175	
VIP QUICKSEAL	LP 65	1	4 - 6	12 - 24	15 - 35	≥ 200	70 ± 5	22 ± 5	5	155	≥ 1160	
	LP 90	1	4 - 6	12 - 24	15 - 35	≥ 250	90 ± 5	39 ± 5	10	110	≥ 1885	
	LP PURE 40D	1	4 - 8	12 - 24	15 - 35	300 - 350	90 ± 5	40 ± 5	10	70	≥ 2320	
	PP 350	1	2	12 - 24	70 - 80	300 - 350	90 ± 5	40 ± 5	< 8	< 80	≥ 2755	
Tapel	POLYQuik P-480	1	2	12 - 24	-7 a 50	480	95	45	8	-	638	
Tapel	POLYQuik HPU-1227	1	2	12 - 24	4,4 a 43	225	95	50	-	135	2465	
PRIMER		Ventana de Aplicación		Viscosidad	Adherencia	Adherencia						
		Acero	Concreto	mezclado	al concreto	al acero						
Tapel	POLYQuik EPOXY PRIMER	24	24	500 - 800	4.7 MPa	6.2 MPa						
VIP	Quick Prime 2K-EPOXY SF	48	48	ca. 900	≥ 1.5 MPa	≥ 6 MPa						

Tabla 8 Comparativo de productos de polyurea

4.3.2 Estimacion de tiempos



Esquema 5 Estimación de tiempos para la aplicación de polyurea

4.3.3 Estimacion de costos de mantenimiento

Item	Recubrimiento Total			Recubrimiento Parcial		
	Cantidad	Costo	Sub Total	Cantidad	Costo	Sub Total
A. Personal						
Honorarios Empleados	8	600	4800	3	600	1800
Honorarios Administrativos	3	800	2400	2	800	1600
B. Equipos						
De Aplicación	2	2500	5000	2	1200	2400
De Control de Calidad	3	600	1800	3	250	750
C. Viajes						
Viaticos	11	560	6160	6	280	1680
Transporte	11	100	1100	6	46	276
D. Materiales e Insumos						
EPP Especifico	8	200	1600	4	100	400
Materiales	3	80	240	3	42	126
Insumos (x m2)	2	3800	7600	2	1800	3600
E. Gastos Administrativos						
Alimentacion	11	236	2596	6	120	720
Utiles de Oficina	4	26	104	4	12	48
Tramites Administrativos	4	400	1600	4	400	1600
Total (USD)			35000			15000

Tabla 9 Estimación de Costos de Mantenimiento

4.3.4. Planos de fabricacion y montaje

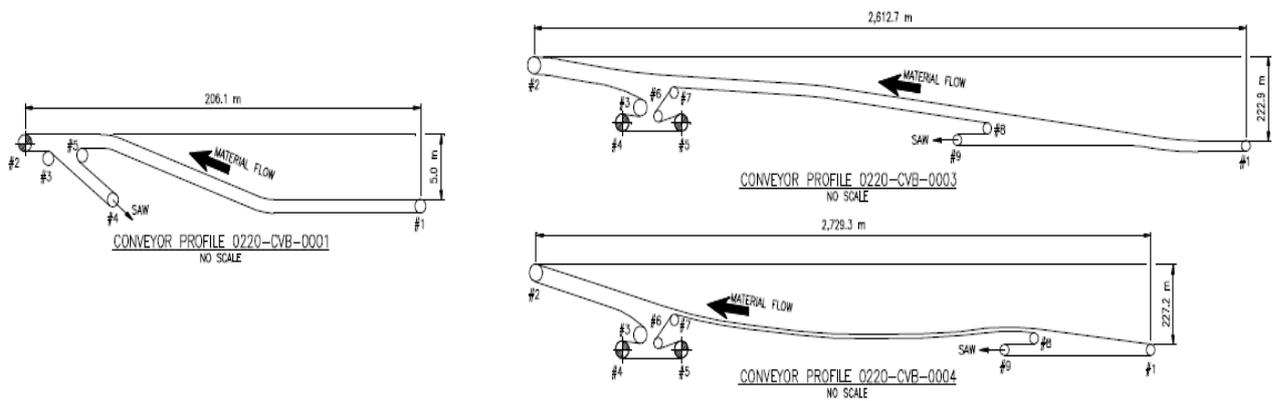


Figura 25 Plano de Poleas con problemas de recubrimiento

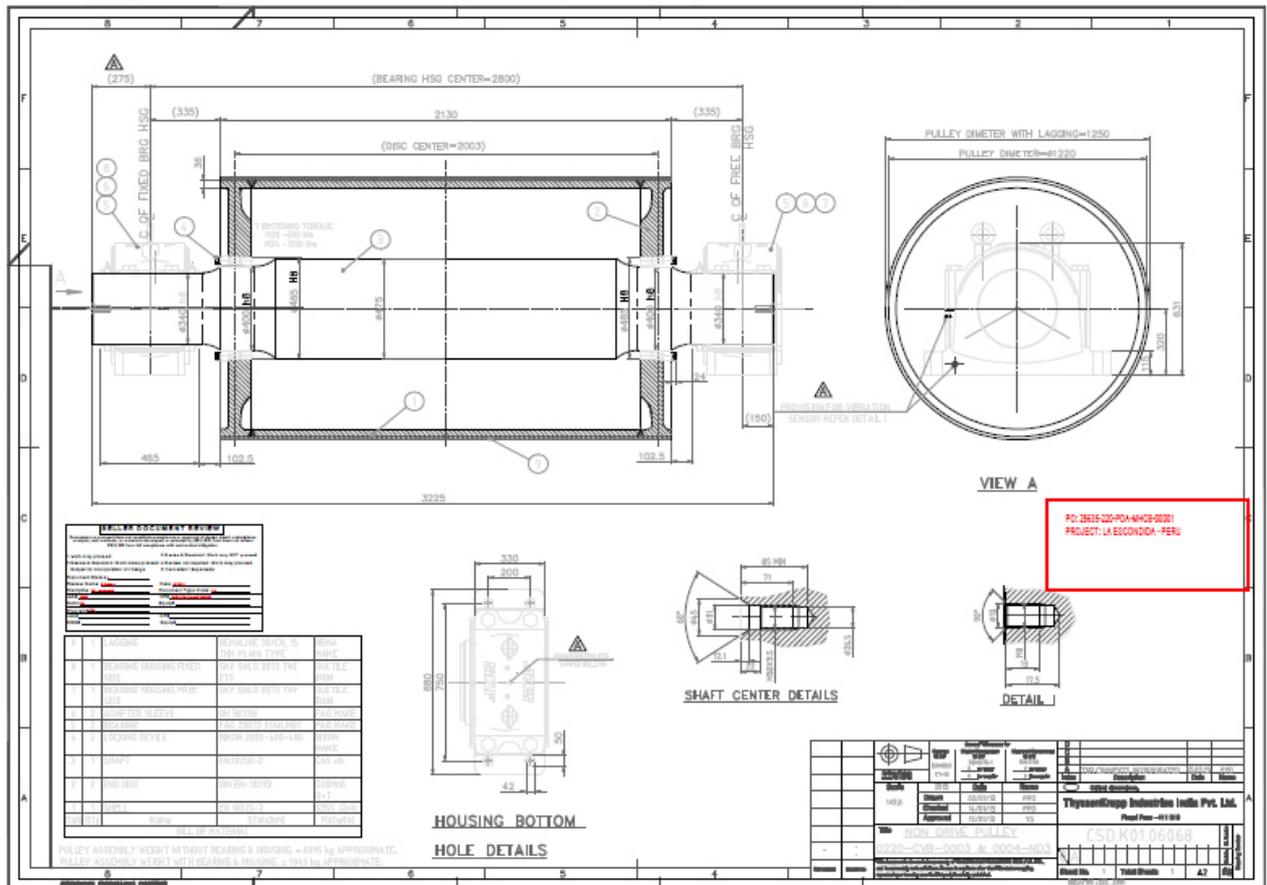


Figura 26 Plano de la Polea

CAPÍTULO V:

5.1 Aplicación

5.1.1. Listos para trabajar

Ademas de contar con los Precedimientos Estandar de Trabajo Seguro debemos tener todas las autorizaciones necesarias, EPP adecuado para realizar el trabajo y equipos/herramientas y todos los recursos para realizar el trabajo de forma segura.



Figura 27 Equipo de Protección Personal (EPP) adecuado

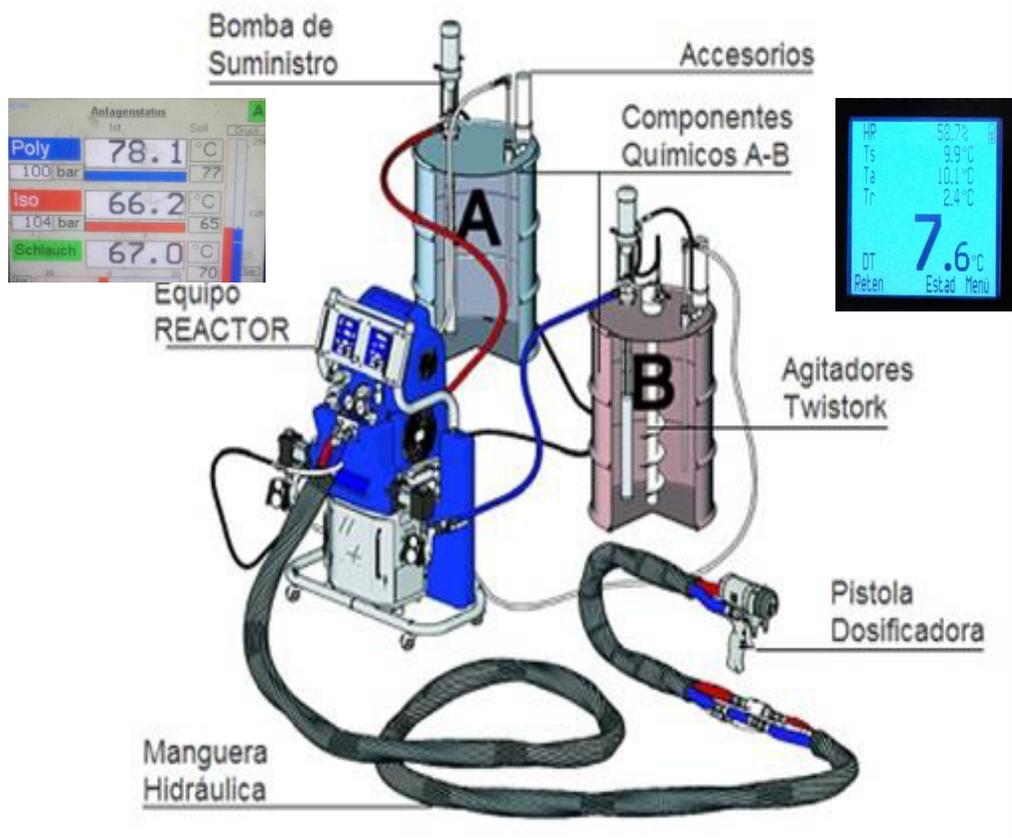


Figura 28 Equipo de Aplicación

5.1.2 Evaluacion Preliminar.

Como primer paso se requiere evaluar la calidad de preparación del sustrato y recubrimiento aplicado, a fin de poder proponer un adecuado sistema para la protección de la polea.

5.1.3. Limpieza de Sustrato – Granallado

Seguidamente se procede a realizar un granallado metálico a fin de lograr el nivel de limpieza superior a SP10 (metal casi blanco) y perfil de rugosidad de 4-6mils. Estos valores de limpieza y rugosidad nos permite asegurar el anclaje del producto al Shell de la polea.



Figura 29 Limpieza de Sustrato – Granallado

5.1.4. Aplicación de Polyurea

Se aplica la polyurea VIP QUICKSPRAY INDUSTRIAL AROMATIC 100% pura. Se va controlando el espesor hasta llegar a 30mm, siempre controlando las condiciones de aplicación (% de mezcla y temperaturas).



Figura 30 Aplicación de Polyurea

5.1.5. Control de Calidad

Finalizada la aplicación se procede a realizar las pruebas de calidad necesaria en diferentes puntos de la aplicación Medición de espesores y Medición de dureza de recubrimiento.



Figura 31 Medición de espesores y dureza del recubrimiento de Polyurea

5.2 Pruebas y resultados

Se realizó recubrimiento de polea tensora con caucho REMALINE TOP 70, mediante un vulcanizado en frío. No se tuvo un anclaje adecuado para la carga de trabajo, ocasionando desprendimiento del recubrimiento y abrasión de la polea por la faja, afectándola estructuralmente y reduciendo el tiempo de vida útil del activo.

Se realizó recubrimiento de polea tensora con VIP QUICKSPRAY INDUSTRIAL AROMATIC obtenido una tasa de desgaste de 5 mm/mes aprox, adicionalmente se mejora limpieza de la faja con raspadores.

En la aplicación de la polea tensora, la durabilidad de la poliurea es 6 veces mayor que la del caucho

MEDICION DE DESGASTE													
FECHA DE MEDICION	TONELAJE (M-TON)	CONVEYOR 0220-CVB-004 POLEAS							ESPESOR mm	DESGASTE			Ratio de desgaste mm/M-Ton
		1	2	3	4	5	6	7		mm	%	Residual	
15-oct-18	0	28	28	28	28	28	28	28	28	0	0%	100%	-
08-nov-18	2.73	25	25	23	25	25	25	25	23	5	18%	82%	1.8
10-dic-18	8.52	25	25	19	25	25	25	25	19	9	32%	68%	1.1
28-dic-18	10.5	23	23	14	25	20	22	24	14	14	50%	50%	1.3
12-ene-19	12.54	22	21.7	12.7	22.8	17.9	18.6	21.3	12.7	15.3	55%	45%	1.2
28-ene-19	15.42	21.5	22.8	11.9	23.2	17.6	18.1	21.8	11.9	16.1	58%	43%	1.0

MEDICION DE DESGASTE													
FECHA DE MEDICION	TONELAJE (M-TON)	CONVEYOR 0220-CVB-004 POLEAS							ESPESOR mm	DESGASTE			Ratio de desgaste mm/M-Ton
		1	2	3	4	5	6	7		mm	%	Residual	
11-feb-19	0	26.6	28.7	27.5	29.4	27.5	27.8	27.2	27.5	0	0%	100%	-
15-mar-19	3.36	26.6	28.7	25	29.4	27.5	27.8	27.2	25	2.5	9%	91%	0.7
12-abr-19	5.46	22.6	21.8	18.7	22.6	22.1	22	22	18.7	8.8	32%	68%	1.6
03-may-19	6.93	23.9	21.5	16.7	22.6	20.9	21.8	21.5	16.7	10.8	39%	61%	1.6
31-may-19	10.2	24	21.8	15.5	22.3	20.5	22.1	22.4	15.5	12	44%	56%	1.2
14-jun-19	10.86	22.7	21.3	13.5	21.7	17.1	20.1	21.1	13.5	14	51%	49%	1.3
29-jun-19	11.67	22.7	21.3	12.8	21.7	16.6	18.8	21.1	12.8	14.7	53%	47%	1.3
10-jul-19	13.92	21.5	21.7	11.1	21.3	14	15	21.1	11.1	16.4	60%	40%	1.2
21-jul-19	21.45	21.5	21.7	4.3	21.3	8.4	15	21.1	4.3	23.2	84%	16%	1.1

Tabla 10 Datos experimentales para el cálculo de la velocidad de desgaste de la aplicación de Polyurea

CONCLUSIONES

Se aplicó la polyurea VIP QUICKSPRAY INDUSTRIAL AROMATIC de forma total removiendo toda el recubrimiento y de forma parcial aplicando sobre el recubrimiento remanente de forma segura y controlada.

Con la aplicación de la polyurea VIP QUICKSPRAY INDUSTRIAL AROMATIC de propiedades de uso excepcionales entre ellas con muy rápido tiempo de curado (según cuadro n°) y duraderas (según cuadro n°) es posible reducir los tiempos de aplicación del recubrimiento de 48 a 18 horas (según cuadro N°)

Considerando que el costo de parada de la planta es de US\$ 320,000/hora y la tasa de desgaste de la polyurea es 5 mm/mes aprox (según cuadro n°) podemos planificar con la debida antelación el mantenimiento de la polea y conseguir ahorros excepcionales.

Al aplicar la polyurea se redujeron problemas operacionales, tiempos y costos de mantenimiento

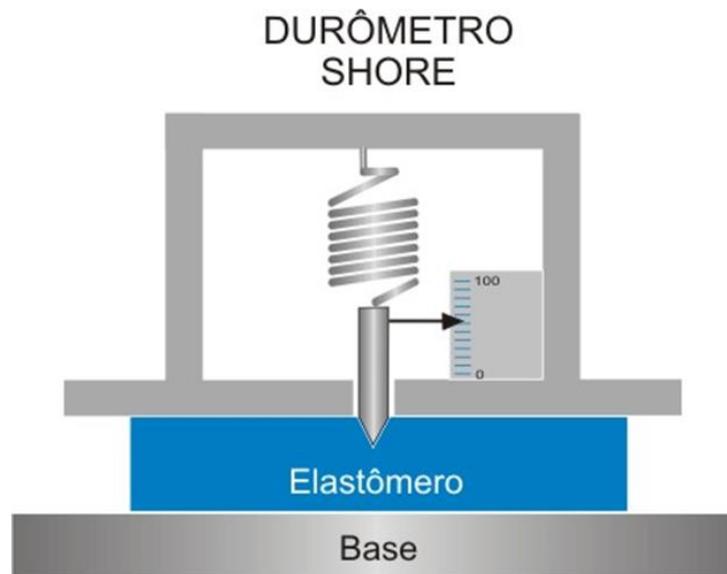
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- XUE, Liang. Penetration of DH-36 steel plates with and without polyurea coating. *Elsevier*, 2010, *Mechanics of Materials* 42(2010) 981-1003
- BARANCYK, Steven. Multicomponent coatings that include polyurea coating layers. *United States Patent*, 2009. US Patent Documents US7611772B2
- ACKLAND, Kathryn. *Deformation of polyurea-coated Steel plates under localised blast loading*. Tesis Doctoral. University of Melbourne, 2013.
- VIP Coating Solutions [en línea] [fecha de consulta: 13 Julio 2019]. Disponible en: <http://www.polyurea-solutions.com/en/>
- Tapel Willamette [en línea] [fecha de consulta: 20 Julio 2019]. Disponible en: <http://www.tapel.cl/>
- Dealer Polyurea [en línea] [fecha de consulta: 22 Julio 2019]. Disponible en: <http://www.dealerperu.com/polyurea.html>
- Aplicaciones de poliurea de Cataluña [en línea] [fecha de consulta: 13 Agosto 2019]. Disponible en: <http://www.apolcat.com/>
- *The Wall Street Journal* [en línea] [fecha de consulta: 7 Setiembre 2019]. Disponible en www.wsj.com/articles/las-represas-de-las-grandes-mineras-crecen-en-tamano-y-en-riesgos-1459790091
- Wise & Informed* [en línea] [fecha de consulta: 21 Octubre 2019]. Disponible en <http://wiseandinformed.blogspot.pe/2013/05/poliurea-en-la-industria-minera.html>.
- *ABB* [en línea] [fecha de consulta: 11 agosto 2019]. Disponible en www.abb.com/mechanicalpowertransmission
- *Sava* [en línea] [fecha de consulta: 11 agosto 2019]. Disponible en www.savatech.eu

ANEXOS

Anexo 1. Escalas de Dureza Shore

ESCALAS DUREZA SHORE



Anexo 2. Procedimiento Estandar de Trabajo Seguro (PETS) sobre amolado de superficies.

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS			
AMOLADO DE SUPERFICIES			Unidad Minera La Escondida
Área: Producción	Código: PETS-001-2018		
Page 1 of 4	Versión: V01		

1. PERSONAL

PERSONAL
Residente de obra / Supervisor de Grupo
Supervisor de Calidad
Supervisor de Seguridad
Operadores

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1. Casco De Seguridad
- 2.2. Chaleco Con Cinta Reflectiva
- 2.3. Zapatos De Seguridad
- 2.4. Lentes De Seguridad
- 2.5. Careta Facial
- 2.6. Mascara De Media Cara
- 2.7. Protector Auditivo
- 2.8. Pantalón, Chaqueta Y Guantes De Cuero
- 2.9. Arnés De Seguridad C/ Línea De Vida

3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES.

EQUIPOS	HERRAMIENTAS	MATERIALES
Amoladora de 7"	Juego de llaves	Discos abrasivos de 7"
Amoladora de 4"	Extensiones eléctricas	Discos abrasivos de 4"
	Luminarias	

4. PROCEDIMIENTO

Nº	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
1.	<p style="text-align: center;">Verificación de áreas de trabajo</p> <p>Acción de realizar una inspección preliminar a las zonas donde se efectuarán las labores a fin de identificar posibles peligros y riesgos y tomar las medidas de precaución necesarias</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Golpes ✓ Caída a un mismo nivel ✓ Tropezos, resbalones 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Golpes ✓ Caída a un mismo nivel ✓ Tropezos, resbalones ✓ Reconocimiento de zona de trabajo ✓ Concentración durante labores ✓ Mantener distancia de otros trabajos.

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

AMOLADO DE SUPERFICIES			Unidad Minera La Escondida
Área: Producción	Código: PETS-001-2018		
Page 2 of 4	Versión: V01		

N°	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
2.	<p>Delimitación de zonas de trabajo</p> <p>Instalación de conos y barras rígidas, para evitar el ingreso de personal ajeno a las operaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caída a un mismo nivel ✓ Golpeado por herramientas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Concentración durante la tarea. ✓ Utilizar guantes de cuero / multiflex
3.	<p>Conexión de amoladoras</p> <p>Tendido de extensiones y conexión de herramientas de poder – amoladoras para ejecución de labores</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Electrocutión ✓ Atrapamiento ✓ Laceraciones ✓ Vibración 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Revisión preliminar de herramientas ✓ Verificación de guardas ✓ Relevo de personal ✓ Pausa activa/gimnasia laboral
4.	<p>Amolado de superficies</p> <p>Limpieza de superficie metálica con discos abrasivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Generación de ruido ✓ Generación de polvo ✓ Generación de humo y escorias metálicas ✓ Trabajos en caliente ✓ Atrapamiento por discos ✓ Vibraciones ✓ Baja visibilidad ✓ Caída a diferente nivel / trabajo en altura 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Uso de protector auditivo ✓ Uso de respirador con filtros para polvo/vapores metálicos ✓ Uso de guantes de soldador ✓ Asignación de vigía para trabajos en caliente y TEA. ✓ Uso de traje para trabajos en caliente ✓ Uso de careta facial ✓ Uso de lentes google ✓ Uso de luminarias ✓ Uso de amés y faja de posicionamiento ✓ Restricción de trabajos a personal capacitado

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

AMOLADO DE SUPERFICIES			Unidad Minera La Escondida
Área: Producción Page 3 of 4	Código: PETS-001-2018 Versión: V01		

Nº	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
			en TEA y Trabajos en caliente
5.	<p>Relevo y descanso del personal</p> <p>Acción de relevar a personal por cansancio y/o posición anti ergonómica</p>	<p>✓ Caída a diferente nivel</p> <p>✓ Inhalación de partículas</p>	<p>✓ Uso de arnés y faja de posicionamiento, línea de vida.</p> <p>✓ Restricción de trabajos a personal capacitado en TEA y Trabajos en caliente</p>
6.	<p>Limpieza de áreas de trabajo</p> <p>Limpieza de áreas de trabajo, retiro de materiales y desconexión de extensiones eléctricas.</p>	<p>✓ Caída a diferente nivel</p> <p>✓ Inhalación de partículas</p>	<p>✓ Uso de arnés y faja de posicionamiento, línea de vida.</p> <p>✓ Restricción de trabajos a personal capacitado en TEA y Trabajos en caliente</p>

6. RESTRICCIONES

- 6.1. No se realizará las tareas, cuando se tengan superficies inseguras, andamios sin inspección y/o bandejas antideslizantes, el supervisor SBOMA, es responsable de identificar las superficies y dar el visto bueno al inicio de actividades
- 6.2. No se realizará tareas, cuando no se tenga supervisores de trabajo en caliente y/o TEA, es responsabilidad del residente disponer el personal competente adecuado en cada frente de trabajo.
- 6.3. No se realizará tareas, cuando no se tenga vigías de trabajo en caliente y/o TEA, es responsabilidad del residente disponer el personal competente adecuado en cada frente de trabajo.
- 6.4. No se realizará tareas cuando no se tengan extintores PQS, vigentes y en buen estado para la ejecución de trabajos.
- 6.5. No se realizarán trabajos mientras no se tengan procedimientos en campo, disponibles y visibles para todo el personal.

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

AMOLADO DE SUPERFICIES			Unidad Minera La Escondida
Área: Producción Page 4 of 4	Código: PETS-001-2018 Versión: V01		

Preparado por:	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Miguel Ramírez			
Supervisor del Área Fecha de Aprobación 15/08/2018 Día/Mes/Año	Gerente de Área	Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones Fecha de Aprobación 15/08/2018 Día/Mes/Año

Anexo 3. Procedimiento Estandar de Trabajo Seguro (PETS) sobre aplicación de polyurea.

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS			
APLICACIÓN DE POLYUREA		Unidad	Minera La Escondida
Área: Producción	Código: PETS-002-2018		
Page 1 of 5	Versión: V01		

1. PERSONAL

PERSONAL
Residente de obra / Supervisor de Grupo
Supervisor de Calidad
Supervisor de Seguridad
Operadores

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1. Casco De Seguridad
- 2.2. Chaleco Con Cinta Reflectiva
- 2.3. Zapatos De Seguridad
- 2.4. Lentes De Seguridad
- 2.6. Careta Facial
- 2.8. Mascara De Media Cara
- 2.7. Protector Auditivo
- 2.8. Pantalón, Chaqueta Y Guantes De Cuero
- 2.8. Arnés De Seguridad C/ Línea De Vida

3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES.

EQUIPOS	HERRAMIENTAS	MATERIALES
Reactor bicomponente de polyurea	Juego de llaves	Polyurea aromática componente A
Pistola de aplicación bicomponente	Extensiones eléctricas	Polyurea aromática Componente B
Motocompresora	Luminarias	
	Juego de mangueras y conexiones	

4. PROCEDIMIENTO

Nº	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
1.	<p>Verificación de áreas de trabajo</p> <p>Acción de realizar una inspección preliminar a las zonas donde se efectuarán las labores a fin de identificar posibles peligros y riesgos y tomar las medidas de precaución necesarias</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Golpes ✓ Caída a un mismo nivel ✓ Tropezos, resbalones 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Golpes ✓ Caída a un mismo nivel ✓ Tropezos, resbalones ✓ Reconocimiento de zona de trabajo

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

APLICACIÓN DE POLYUREA		Unidad Minera La Escondida
Área: Producción	Código: PETS-002-2018	
Page 2 of 5	Versión: V01	

Nº	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ Concentración durante labores ✓ Mantener distancia de otros trabajos.
2.	<p>Delimitación de zonas de trabajo</p> <p>Instalación de conos y barras rígidas, para evitar el ingreso de personal ajeno a las operaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caída a un mismo nivel ✓ Golpeado por herramientas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Concentración durante la tarea. ✓ Utilizar guantes de cuero / multíflex
3.	<p>Armado y conexión de equipos</p> <p>Tendido de extensiones y conexión de equipos y arranque de Motocompresora</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Electrocutión ✓ Atrapamiento ✓ Laceraciones ✓ Vibración ✓ Ruido excesivo ✓ Baja Iluminación 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Revisión preliminar de herramientas ✓ Verificación de guardas ✓ Relevo de personal ✓ Uso de protectores auditivos ✓ Conexión e instalación de luminarias ✓ Pausa activa/gimnasia laboral
4.	<p>Recirculación de productos</p> <p>Calentamiento de productos y recirculación de poliurea hasta temperatura de servicio</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Electrocutión ✓ Atrapamiento ✓ Laceraciones ✓ Vibración ✓ Ruido excesivo ✓ Contacto con sustancia química ✓ Baja Iluminación 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Revisión preliminar de herramientas ✓ Verificación de guardas ✓ Relevo de personal ✓ Uso de protectores auditivos ✓ Uso de guantes de

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

APLICACIÓN DE POLYUREA		Unidad Minera La Escondida
Área: Producción	Código: PETS-002-2018	
Page 3 of 5	Versión: V01	

Nº	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
			<ul style="list-style-type: none"> nitilo ✓ Uso de respirador con filtros para vapores orgánicos ✓ Uso de careta facial / full face ✓ Revisión de hojas MSDS /TDS ✓ Conexión e instalación de luminarias ✓ Pausa activa/gimnasia laboral
5.	<p>Aplicación de producto</p> <p>Aplicación de producto por alta presión y temperatura, mediante inyección de aire de Motocompresora en máquina reactiva bicomponente</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vibración ✓ Ruido excesivo ✓ Contacto con sustancia química ✓ Inhalación de sustancia química ✓ Posición anti ergonómica ✓ Baja iluminación ✓ Trabajo en altura (eventualmente) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Uso de protector auditivo ✓ Uso de guantes de nitilo ✓ Uso de trajes fibex ✓ Uso de respirador con filtro para vapores orgánicos ✓ Uso de protector ocular/full face/careta facial ✓ Gimnasia laboral /pausa activa ✓ Conexión y uso de luminarias ✓ Restricción de trabajos a personal capacitado en trabajos en altura ✓ Uso de equipos para trabajo en altura

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

APLICACIÓN DE POLYUREA		Unidad
Área: Producción	Código: PETS-002-2018	Mínera La
Page 4 of 5	Versión: V01	Escondida

Nº	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
6.	<p>Pruebas de calidad final</p> <p>Monitoreo de dureza, espesor de película seca, nivelación de revestimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ruido excesivo ✓ Contacto con sustancia química ✓ Inhalación de sustancia química ✓ Posición anti ergonómica ✓ Baja iluminación ✓ Trabajo en altura (eventualmente) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Uso de protector auditivo ✓ Uso de guantes de nitrilo ✓ Uso de trajes fibex ✓ Uso de respirador con filtro para vapores orgánicos ✓ Uso de protector ocular/ful faceicaceta facial ✓ Gimnasia laboral /pauca activa ✓ Conexión y uso de luminarias ✓ Restricción de trabajos a personal capacitado en trabajos en altura ✓ Uso de equipos para trabajo en altura
7.	<p>Limpieza de áreas de trabajo</p> <p>Limpieza de áreas de trabajo, retiro de materiales y desconexión de extensiones eléctricas y neumáticas (motocompresora)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caída a diferente nivel ✓ Inhalación de partículas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Uso de amés y faja de posicionamiento, línea de vida. ✓ Restricción de trabajos a personal capacitado en TEA y Trabajos en caliente

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

	APLICACIÓN DE POLYUREA		Unidad Minera La Escondida
	Área: Producción	Código: PETS-002-2018	
	Page 5 of 5	Versión: V01	

6. RESTRICCIONES

- 6.1. No se realizará las tareas, cuando se tengan superficies inseguras, andamios sin inspección y/o bandejas antideslizantes, el supervisor SSOMA, es responsable de identificar las superficies y dar el visto bueno al inicio de actividades.
- 6.2. Para trabajos en altura, no se realizará tareas, cuando no se tenga supervisor TEA, es responsabilidad del residente disponer el personal competente adecuado en cada frente de trabajo.
- 6.3. Para trabajos en altura, no se realizará tareas, cuando no se tenga vigía TEA, es responsabilidad del residente disponer el personal competente adecuado en cada frente de trabajo.
- 6.4. Al tener manejo de productos químicos, no se realizará trabajos si no se cuenta con lavajos operativo y en buen estado, el personal debe estar acreditado en MATPEL, con conocimiento de hojas MSDS, es responsabilidad del residente y supervisor SSOMA, disponer recursos materiales y personal adecuado para la tarea.
- 6.6. No se realizarán trabajos mientras no se tengan procedimientos en campo, disponibles y visibles para todo el personal.

Preparado por:	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Miguel Ramirez			
Supervisor del Área Fecha de Aprobación 15/08/2018 Día/Mes/Año	Gerente de Área	Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones Fecha de Aprobación 15/08/2018 Día/Mes/Año

Anexo 4. Procedimiento Estandar de Trabajo Seguro (PETS) sobre granallado metálico.

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS			
	GRANALLADO METALICO		Unidad Minera La Escondida
	Área: Producción	Código: PETS-003-2018	
	Page 1 of 6	Versión: V01	

1. PERSONAL

PERSONAL
Residente de obra / Supervisor de Grupo
Supervisor de Calidad
Supervisor de Seguridad
Operadores

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1. Casco De Seguridad
- 2.2. Chaleco Con Cinta Reflectiva
- 2.3. Zapatos De Seguridad
- 2.4. Lentes De Seguridad
- 2.5. Careta Facial
- 2.6. Respirador con línea de aire asistida
- 2.7. Protector Auditivo
- 2.8. Pantalón, Chaqueta Y Guantes De Cuero
- 2.9. Arnés De Seguridad C/ Línea De Vida.

3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES.

EQUIPOS	HERRAMIENTAS	MATERIALES
Granalladora automática	Juego de llaves	Granalla angular
Motocompresora de martillos	Extensiones eléctricas	Granalla esférica
Filtro de aire para línea asistida	Luminarias	
	Juego de mangueras y conexiones	

4. PROCEDIMIENTO

N°	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
1.	<p>Verificación de áreas de trabajo</p> <p>Acción de realizar una inspección preliminar a las zonas donde se efectuarán las labores a fin de identificar posibles peligros y riesgos y tomar las medidas de precaución necesarias</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Golpes ✓ Caída a un mismo nivel ✓ Tropezos, resbalones 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Golpes ✓ Caída a un mismo nivel ✓ Tropezos, resbalones ✓ Reconocimiento de zona de trabajo ✓ Concentración durante

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

GRANALLADO METALICO		Unidad Minera La Escondida
Área: Producción	Código: PETS-003-2018	
Page 2 of 6	Versión: V01	

Nº	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
			labores ✓ Mantener distancia de otros trabajos.
2.	Delimitación de zonas de trabajo Instalación de conos y barras rígidas, para evitar el ingreso de personal ajeno a las operaciones	✓ Caída a un mismo nivel ✓ Golpeado por herramientas	✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Concentración durante la tarea. ✓ Utilizar guantes de cuero / multíflex
3.	Armado de cámara de granallado Armado de cámara de granallado con lona para evitar la proyección de granalla fuera de la zona de trabajo	✓ Caída a un mismo nivel ✓ Golpeado por herramientas	✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Uso de bandejas antideslizantes (andamios) ✓ Concentración durante la tarea. ✓ Utilizar guantes de cuero / multíflex
4.	Armado y conexión de equipos Armado de granalladora y conexión neumático con Motocompresora	✓ sobreesfuerzo ✓ Laceraciones ✓ Vibración ✓ Ruido excesivo ✓ Baja iluminación	✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Revisión preliminar de herramientas ✓ Cargar menos de 25 kg ✓ Verificación de guardas ✓ Relevos de personal ✓ Uso de protectores auditivos ✓ Conexión e instalación de luminarias ✓ Pausa activa/gimnasia laboral

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

GRANALLADO METALICO Área: Producción Page 3 of 6		Código: PETS-003-2018 Versión: V01	Unidad Minera La Escondida
---	--	---------------------------------------	----------------------------------

Nº	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
5.	<p>Prueba preliminar</p> <p>Aranque de equipos y regulación de aire y caudal de granalla disparada</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Laceraciones ✓ Vibración ✓ Ruido excesivo ✓ Proyección de partículas ✓ Inhalación de partículas ✓ Baja iluminación 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Revisión preliminar de herramientas ✓ Verificación de guardas ✓ Relevos de personal ✓ Uso de protectores auditivos ✓ Uso de guantes de nitrilo ✓ Uso de respirador con filtros para polvo/vapores orgánicos ✓ Uso de careta facial / full face ✓ Uso de traje de Granallador / línea de aire asistida ✓ Revisión de hojas MSDS / TDS ✓ Conexión e instalación de luminarias ✓ Pausa activa/gimnasia laboral
6.	<p>Granallado metálico</p> <p>Limpieza de superficies metálicas mediante chorro abrasivo de granalla a alta presión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Laceraciones ✓ Vibración ✓ Ruido excesivo ✓ Proyección de partículas ✓ Inhalación de partículas ✓ Baja iluminación ✓ Trabajo en altura (eventualmente) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Revisión preliminar de herramientas ✓ Verificación de guardas ✓ Relevos de personal ✓ Uso de protectores auditivos ✓ Uso de guantes de

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

GRANALLADO METALICO		Unidad Minera La Escondida
Área: Producción	Código: PETS-003-2018	
Page 4 of 6	Versión: V01	

Nº	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
			nitrilo ✓ Uso de respirador con filtros para polvo/vapores orgánicos ✓ Uso de careta facial / full face ✓ Uso de traje de Granallador / línea de aire aislada ✓ Revisión de hojas MSDS / TDS ✓ Conexión e instalación de luminarias ✓ Pausa activa/gimnasia laboral ✓ Restricción de trabajos a personal capacitado en trabajos en altura ✓ Uso de equipos para trabajo en altura
7.	Pruebas de calidad final Medición de rugosidad, verificación de nivel de limpieza	✓ Ruido excesivo ✓ Inhalación de partículas ✓ Posición anti ergonómica ✓ Baja iluminación ✓ Trabajo en altura (eventualmente)	✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Uso de protector auditivo ✓ Uso de guantes de nitrilo ✓ Uso de trajes tñex ✓ Uso de respirador con filtro para polvo. ✓ Gimnasia laboral /pausa activa ✓ Conexión y uso de luminarias ✓ Restricción de trabajos a personal capacitado en trabajos en altura

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

GRANALLADO METALICO		Unidad Minera La Escondida
Área: Producción	Código: PETS-003-2018	
Page 5 of 6	Versión: V01	

Nº	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
			✓ Uso de equipos para trabajo en altura
8.	Limpieza de áreas de trabajo Limpieza de áreas de trabajo, retiro de materiales y desconexión de extensiones eléctricas y neumáticas (motocompresora)	✓ Caída a diferente nivel ✓ Inhalación de partículas	✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Uso de arnés y faja de posicionamiento, línea de vida. ✓ Restricción de trabajos a personal capacitado en TEA y Trabajos en caliente

6. RESTRICCIONES

- 6.1. No se realizará las tareas, cuando se tengan superficies inseguras, andamios sin inspección y/o bandejas antideslizantes, el supervisor SSOMA, es responsable de identificar las superficies y dar el visto bueno al inicio de actividades.
- 6.2. Para trabajos en altura, no se realizará tareas, cuando no se tenga supervisor TEA, es responsabilidad del residente disponer el personal competente adecuado en cada frente de trabajo.
- 6.3. Para trabajos en altura, no se realizará tareas, cuando no se tenga vigía TEA, es responsabilidad del residente disponer el personal competente adecuado en cada frente de trabajo.
- 6.4. No se realizará trabajos si no se cuenta con lavajos operativo y en buen estado, el personal debe estar acreditado en MATPEL, con conocimiento de hojas MSDS, es responsabilidad del residente y supervisor SSOMA, disponer recursos materiales y personal adecuado para la tarea.
- 6.6. No se realizarán trabajos mientras no se tengan procedimientos en campo, disponibles y visibles para todo el personal.

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

	GRANALLADO METALICO		Unidad Minera La Escondida
	Área: Producción	Código: PETS-003-2018	
	Page 6 of 6	Versión: V01	

Preparado por:	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Miguel Ramirez			
Supervisor del Área Fecha de Aprobación 15/08/2018 Día/Mes/Año	Gerente de Área	Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones Fecha de Aprobación 15/08/2018 Día/Mes/Año

Anexo 5. Procedimiento Estandar de Trabajo Seguro (PETS) sobre retiro de lagging.

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS			
RETIRO DE LAGGING		Unidad Minera La Escondida	
Área: Producción	Código: PETS-004-2018		
Page 1 of 4	Versión: V01		

1. PERSONAL

PERSONAL
Residente de obra / Supervisor de Grupo
Supervisor de Calidad
Supervisor de Seguridad
Operadores

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1. Casco De Seguridad
- 2.2. Chaleco Con Cinta Reflectiva
- 2.3. Zapatos De Seguridad
- 2.4. Lentes De Seguridad
- 2.6. Protector Auditivo
- 2.8. Pantalón, Chaqueta Y Guantes De Cuero
- 2.7. Amés De Seguridad C/ Línea De Vida

3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES.

EQUIPOS	HERRAMIENTAS	MATERIALES
Polipasto de 03 Tn	Mordazas autoprensoras	Hojas de corte oscilatorio
Herramienta de corte oscilatorio	Extensiones eléctricas	Cutter profesional
	Luminarias	

4. PROCEDIMIENTO

Nº	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
1.	<p style="text-align: center;">Verificación de áreas de trabajo</p> <p>Acción de realizar una Inspección preliminar a las zonas donde se efectuarán las labores a fin de identificar posibles peligros y riesgos y tomar las medidas de precaución necesarias</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Golpes ✓ Caída a un mismo nivel ✓ Tropezos, resbalones 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Golpes ✓ Caída a un mismo nivel ✓ Tropezos, resbalones ✓ Reconocimiento de zona de trabajo ✓ Concentración durante labores ✓ Mantener distancia de otros trabajos.

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

RETIRO DE LAGGING			Unidad Minera La Escondida
	Área: Producción Page 2 of 4	Código: PETS-004-2018 Versión: V01	

Nº	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
2.	<p>Delimitación de zonas de trabajo</p> <p>Instalación de conos y barras rígidas, para evitar el ingreso de personal ajeno a las operaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caída a un mismo nivel ✓ Golpeado por herramientas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Concentración durante la tarea. ✓ Utilizar guantes de cuero / multiflex
3.	<p>Colocación de herramientas tensores</p> <p>Anclaje de polpastos (señoritas), en puntos estructurales de FOV</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cortes ✓ Abrasiones ✓ Laceraciones 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Llenado y revisión de IPERC continuo, APT, PETAR, Charla de 05 min. ✓ Revisión preliminar de herramientas ✓ Uso de guantes multiflex ✓ Pausa activa/gimnasia laboral
4.	<p>Corte de lagging de polyurea</p> <p>Corte de lagging existente, colocación de mordazas autoprensoras</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tormentas eléctricas (electrocución) ✓ Atrapamiento (faja) ✓ caída nivel/desnivel ✓ Contusiones ✓ Lesiones musculares ✓ Cortes y abrasiones 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacitación en tormentas eléctricas ✓ Bloqueo y aislamiento de fajas ✓ Restricción de trabajos a personal capacitado en TEA y Trabajos en caliente ✓ Rotación de personal (relevos) ✓ Uso de guantes multiflex ✓ Revisión mensual de herramientas
5.	<p>Retiro de lagging</p> <p>Acción de retirar el lagging existente mediante fuerza ejercida por el polpasto al corte de lagging</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caída a diferente nivel ✓ Sobreesfuerzo ✓ Lesiones musculares 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Uso de amés y faja de posicionamiento, línea de vida. ✓ Restricción de trabajos a personal capacitado en TEA y Trabajos en caliente ✓ Rotación de personal

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

RETIRO DE LAGGING			Unidad Minera La Escondida
Área: Producción	Código: PETS-004-2018		
Page 3 of 4	Versión: V01		

Nº	PASO A PASO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
			(relevos) <input checked="" type="checkbox"/> Uso de guantes multiflex <input checked="" type="checkbox"/>
6.	<p>Limpeza de áreas de trabajo</p> <p>Limpeza de áreas de trabajo, retiro de materiales y desconexión de extensiones eléctricas.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Caída a diferente nivel <input checked="" type="checkbox"/> Inhalación de partículas	<input checked="" type="checkbox"/> Uso de arnés y faja de posicionamiento, línea de vida. <input checked="" type="checkbox"/> Restricción de trabajos a personal capacitado en TEA y Trabajos en caliente

6. RESTRICCIONES

- 6.1. No se realizará las tareas, cuando se tengan superficies inseguras, andamios sin inspección y/o bandejas antideslizantes, el supervisor SBOMA, es responsable de identificar las superficies y dar el visto bueno al inicio de actividades.
- 6.2. Para trabajos en altura, no se realizará tareas, cuando no se tenga supervisor TEA, es responsabilidad del residente disponer el personal competente adecuado en cada frente de trabajo.
- 6.3. Para trabajos en altura, no se realizará tareas, cuando no se tenga vigía TEA, es responsabilidad del residente disponer el personal competente adecuado en cada frente de trabajo.
- 6.4. Se deberá tener herramientas operativas y en buen estado, con cinta de inspección del mes, teniendo especial cuidado en mordaza, polpastos, y herramientas de corte, de encontrar herramientas defectuosas, se suspende la tarea hasta el recambio de las mismas.
- 6.5. No se realizarán trabajos mientras no se tengan procedimientos en campo, disponibles y visibles para todo el personal

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PETS

RETIRO DE LAGGING			Unidad Minera La Escondida
Área: Producción	Código: PETS-004-2018		
Page: 4 of 4	Versión: V01		

Preparado por:	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Miguel Ramírez			
Supervisor del Área Fecha de Aprobación 15/08/2018 Día/Mes/Año	Gerente de Área	Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones Fecha de Aprobación 15/08/2018 Día/Mes/Año

Anexo 6. Ficha técnica de la polyurea QuickSpray Supreme AB40.

SURFACE PROTECTION - October 2016

TECHNICAL DATA SHEET

QUICKSPRAYSUPREME AB40

1. DESCRIPTION

QuickSpray SUPREME AB40 is a very high performance spray applied, rapid curing elastomeric lining specifically formulated for very high abrasion resistance.

Although specifically formulated for high abrasion situations **QuickSpray Supreme AB40** also provides excellent impact and corrosion protection making it an ideal high performance protective lining for very harsh conditions.

Being spray applied it is seamless and can be built to any thickness in one application. Combined with tack free times of just seconds and very rapid curing times of just hours shut down times are significantly reduced compared to traditional welded and glued rubber linings and multi layered epoxy systems.

2. FEATURES

- ✓ Very high resistance to both wet and dry abrasion
- ✓ Excellent impact resistance
- ✓ Good tensile strength at high elongation
- ✓ Excellent resistance to Hydrolysis
- ✓ Very fast seamless application to any thickness in one application
- ✓ Very fast tack free and re-use times. Significantly reduces shutdown times
- ✓ Anti corrosive & waterproofing characteristics
- ✓ Excellent adhesion on concrete, steel, aluminum, fibers, wood, foam etc.
- ✓ Resistant to most aggressive chemicals, solvents, acids and caustics
- ✓ Can be applied in extreme environmental conditions – very cold, very hot and high humidity
- ✓ Maintains flexibility of large temperature variations
- ✓ Allows accurate reproduction of surface detail
- ✓ 100% solids, VOC-free, no solvents
- ✓ Sound deadening properties
- ✓ UV, chlorine and saltwater resistant

3. TYPICAL USES

- ✓ Coal storage, handling and transporting plant./ equipment
- ✓ Bulk material transfer stations
- ✓ Truck and train carriage linings
- ✓ Ball Mill linings
- ✓ Chutes, hoppers and material storage bin linings subject to very high abrasion
- ✓ Screw conveyors
- ✓ Grain storage and handling equipment
- ✓ Mixing vessels, rake arms, slurry separators and other mine processing equipment.

QUICKSPRAY
SUPREME AB40

4. PROCESSING PROPERTIES	DATA
Mixing ratio of Comp. A to Comp. B	1 : 1 by volume
Material consumption [kg/m ² /1mm]	Approx. 1 - 1.1
Recommended thickness [mm]	Minimum: 1 Maximum: unlimited
Gel time at 20°C [sec.]	10 - 15 (dependent on the temperature of the substrate)
Tack Free-Time at 20°C [sec.]	60 - 120 (dependent on the temperature of the ambient)
Over coat cycle [h]	0 - 8 (without any pre-treatment)
Curing/loading after [h]	Walkable: 0.5 Mechanical: 2 Chemical: 12
Temperature range for application (ambient) [°C]	-10 - +50
Temperature range for application (substrate) [°C]	-10 - +50
Material Temperature (Preconditioning) [°C]	40
Material Temperature (Spraying) [°C]	75 - 80
Maximal relative air humidity for application [%]	98
Pay attention to the dew point limit	min. 3K > DP (dew point)

5. PHYSICAL PROPERTIES	DATA	
Chemical Base	-	Comp. A: MDI-Prepolymer Comp. B: Polyetherdiamine-Mixture
VOC content	DIN EN ISO 11890-1/ ASTM D-1259	0%
Solids content	DIN EN 827 / ASTM D-2697	100%
Colour	-	Clear / straw (delivered un-pigmented)
Viscosity [mPa*s] @ 25° C	DIN EN ISO 2884-2/ ASTM D-4878	Comp. A: 3.000 - 3.800 Comp B: 1.500 - 2.200
Density [g/cm ³] @ 20° C	DIN EN ISO 2811-2/ ASTM D-1217	Comp. A: 1,06 ± 0,02 Comp. B: 1,05 ± 0,02
Density [g/cm ³]	EN ISO 1183 / ASTM D-792	1,05 ± 0,02
Tensile strength [MPa]	ISO 37-2005 / ASTM D-638	> 15
Modul [MPa]	IISO 37-2005 / ASTM D-638	100% Elongation: > 8 300% Elongation: > 12

5. PHYSICAL PROPERTIES	DATA		
Elongation at break [%]	ISO 37-2005 / ASTM D-638	≥ 300	
Hardness [Shore A]	ISO 868-2003 / ASTM D-2240	80 ± 5	
Rebound resilience [%]	ISO 4662 / ASTM	≥ 58	
Tear growth resistance [N/mm]	ISO 34-1 method A	≥ 14	
Volume abrasion [mm ³]	DIN ISO 4649	≤ 40	
Taber Abrasion [mg]	ASTM D-4060	25 (Wheel H18 / 1.000g / 1000 Cycles)	
Peel off strength [N/mm]	ISO 813 / ASTM	Concrete: ≥ 4	Steel: ≥ 8
Max. Process temp. [°C]	ASTM D-3485	Wet: 45	Dry: 150 Peak temperature dry: 150
Sound absorption at 3 mm	-	> 10 dB (A)	
Water vapour transmission rate [g/m ² *d]	DIN 53122	14 (bei 40°C u. 95% rel. F.)	
Permeation coefficient [ng/cm ² h* Torr]	DIN 53122	0,09 (bei 40°C u. 95% rel. F.)	
Surface resistance [Ohm]	DIN IEC 60167	≥ 1,0*10 ¹¹	
Volume resistance [Ohm]	DIN IEC 60095	≥ 1,0*10 ¹¹	
Storage conditions [°C]	DIN EN 12701	10 – 30 (In closed original drums, stored at dry and well ventilated place; beware of freezing)	
Shelf life	-	Approximately 12 months	

* All data measured at 23 °C, unless otherwise specified. All values are approximate and processing parameters have to be taken into account.

* VIP recommends that, in all applications involving chemicals a pre-test of the linings suitability in the customer's application is conducted. Consult with VIP Technical Team

6. APPLICATION NOTES

IMPORTANT:

QuickSpray Supreme AB40 is a high performance lining that has been specifically formulated for physical performance. It has therefore not been compromised in order to improve sprayability. This product should only be sprayed by trained and experienced applicators with suitable high pressure heated equipment capable of maintaining a minimum of 152 bar (2200 psi) spray pressure (not static pressure) and maintaining a minimum of 75C material temperature during spraying.

It is recommended that the A and B components are pre-heated to approximately 40° C.

The drying times depend naturally on the climate and environmental influences, e.g. ambient temperature, relative humidity of air and ventilation etc. Therefore the times specified can only be used as guidelines. The exact times have to be determined by testing on site.

Aromatic Polyurea Coating Systems are UV-stable but are not color stable. The cured coating system may exhibit discoloration when exposed to sunlight. This does not influence the physical properties of the material!

7. FORM OF DELIVERY

Please see our price list for respective packaging units.

All guidelines, recommendations, assessments, and technical data contained herein are based on information and data we believe to be reliable and correct, but accuracy and completeness of said data are not guaranteed and are not to be construed as a warranty, either expressed or implied. It is the user's responsibility to verify himself, by his own investigations and testing, the suitability of the product for his own intended use, application and job situation and user assumes all risk and liability resulting from his use of the product. These products require specialized equipment and skills to apply. It is the purchaser's responsibility to ensure that they have the necessary equipment, skills and experience to apply these products. Neither seller nor manufacturer shall be liable to the buyer or any third person for any injury, loss or damage directly or indirectly resulting from use of, or inability to use, the product. Technical and application information is provided for the purpose of establishing a general profile of the material and application parameters. Test performance results were obtained in a controlled environment and VIP makes no claim that these tests or any other tests can be accurately reproduced in all environments.

The rights of the purchaser regarding the quality of our materials follows completely our general terms and conditions. For requirements, which exceed the scope of the above mentioned applications please contact VIP technical staff.

VIP reserves the right to change or modify the details and data contained herein at any time.

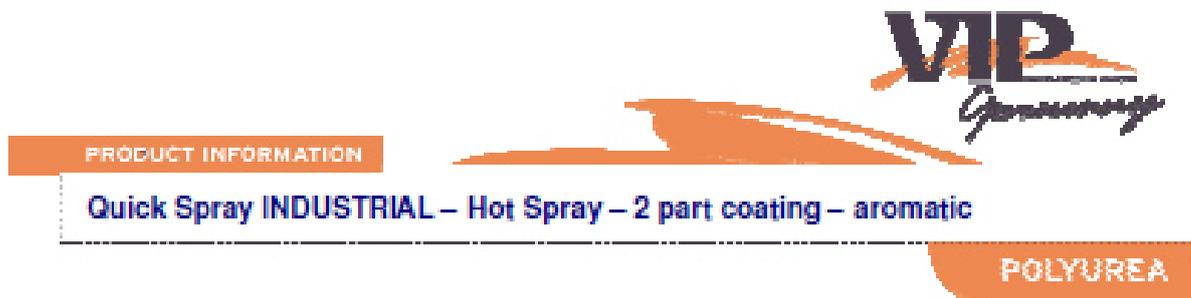
Valid is only the actual version of this technical data sheet in each case.

Also include the following just below all the test data boxes.

* VIP recommends that in all applications involving chemicals a pre-test of the linings suitability in the customer's application is conducted. Consult with VIP Technical Team.

© Copyright, VIP GmbH, QSP Supreme AB40
Version: October 2016-001

Anexo 7. Ficha técnica de la polyurea QuickSpray SUPREME HP – Hot Spray – 2 part coating – aromatic.



1. Characteristics:

QuickSpray INDUSTRIAL (aromatic) is a very fast set, premium, 2-component 100% solids coating/elastomer derived from a reaction of an Isocyanate Pre-Polymer and an Amine terminated resin blend. This general purpose "pure" Polyurea has been especially designed to protect and coat most all surfaces assuring enduring pore density. The product reacts within seconds and once cured, leaves a flexible, durable, tough surface. It is extremely effective when used as a protective coating whether applied over concrete, steel, any other surface or as a substrate on Geotextile fabric. The material must be applied utilizing high pressure, heated plural component spray proportioning equipment.

2. Features:

- ☑ **PURE Polyurea utilization even under extreme climatically conditions**
- ☑ Fast reactivity and cure times from 5 seconds up
- ☑ Fast return to service time > long life-cycle > almost maintenance free > significant savings
- ☑ Anti corrosive & waterproofing
- ☑ Excellent adhesion on concrete, steel, aluminum, plastics, fibers, wood, foam etc.
- ☑ Hydrolysis firm > non sensitive to humidity
- ☑ Resistant to most aggressive chemicals, solvents, acids and caustics
- ☑ High impact & abrasion resistance, maintains flexibility
- ☑ Seamless and joint-less coating and lining, solid, high application thickness possible
- ☑ Allows accurate reproduction of surface detail
- ☑ High elongation at break
- ☑ Very good tensile and structural strength
- ☑ 100% solids, VOC-free, no solvents
- ☑ Little or no odor
- ☑ Without the use of catalysts
- ☑ Excellent muffling of noises
- ☑ UV-, chlorine- and saltwater resistant
- ☑ High abrasion resistance
- ☑ Thermal stabile
- ☑ Broad colour spectrum (RAL)

3. Typical Uses:

- ☑ Industrial & manufacturing facilities, storage, load and high traffic areas
- ☑ Water- and wastewater treatment, containment areas, landfill, manholes, sewer-lining
- ☑ Refineries, pipelines, tank coating, gas-stations, car-wash
- ☑ Pools, reservoirs, digester-towers, storage tanks, active carbon tanks
- ☑ Roofs, park decks, garages, ramps
- ☑ Airports, shipbuilding, marine, mining
- ☑ Wind energy plants (on-off-shore), blades, biogas reactors, cooling towers, pylons
- ☑ Bridge-, street- and tunnel construction
- ☑ Wear and tear parts, platforms, vibrating stoker, edge guard, belt-conveyors
- ☑ Leisure parks, biotope, playgrounds, slip-hazard areas
- ☑ Molds, furniture industry

PRODUCT INFORMATION

Quick Spray INDUSTRIAL – Hot Spray – 2 part coating – aromatic

POLYUREA

4. Processing properties:	Datas		
Mixing ratio of Comp. A to Comp. B	100 : 100 per volume		
Material consumption [kg/m ² /1mm]	ca. 1,2		
Recommended thickness [mm]	Minimum: 0,5	Maximal: indefinitely	
Gelification time at 20°C [sec.]	5 – 15 (dependent on the temperature of the substrate)		
Task-Free-Time at 20°C [sec.]	15 – 30 (dependent on the temperature of the ambient)		
Over coat cycle [h]	0 – 12 (without any pre-treatment)		
Curing/loading after [h]	Walkable: 1	Mechanical: 2	Chemical: 12
Temperature range for application (ambience) [°C]	-10 - +50		
Temperature range for application (substrate) [°C]	-10 - +50		
Material Temperature (Preconditioning) [°C]	25 – 30		
Material Temperature (Spraying) [°C]	70 - 80		
Maximal relative air humidity for application [%]	98		
Pay attention to the dew point limit	min. 3K > DP (dew point)		

5. Physical Properties:		Datas	
Chemical Base	-	Comp. A: MDI-Prepolymer Comp. B: Polyetheramine-Mixture	
VOC-content	DIN EN ISO 11890-1 / ASTM D-1259	0%	
Solids content	DIN EN 827 / ASTM D-2597	100%	
Colour	-	miscellaneous (on request)	
Viscosity [mPa's] @ 25°C	DIN EN ISO 2884-2 / ASTM D-4878	Comp. A: 600 – 1.000	Comp. B: 500 – 900
Density [g/cm ³] @ 20°C	DIN EN ISO 2811-1 / ASTM D-1217	Comp. A: 1,09 – 1,13	Comp. B: 1,00 – 1,04
Density [g/cm ³]	EN ISO 1183 / ASTM D-792	1,01 – 1,05	
Tensile strength [MPa]	ISO 37-2005 / ASTM D-638	≥ 25	
Modul [MPa]	ISO 37-2005 / ASTM D-638	100% Elongation: ≥ 10	300% Elongation: ≥ 20
Elongation at break [%]	ISO 37-2005 / ASTM D-638	≥ 340	
Hardness [Shore D]	ISO 868-2003 / ASTM D-2240	45 ± 5	
Rebound resilience [%]	ISO 4662 / ASTM	≥ 32	
Tear growth resistance [N/mm]	ISO 34-1 method A	≥ 45	
Volume abrasion [mm ³]	DIN ISO 4649	≤ 130	
Taber Abrasion [mg]	ASTM D-4060	< 6 (Wheel CS17 / 1.000g / 1000 Cycles) < 185 (Wheel H18 / 1.000g / 1000 Cycles)	
Peel off strength [N/mm]	ISO 813 / ASTM	Concrete: ≥ 4	Steel: ≥ 8
Pull off strength [N/mm ²]	DIN EN ISO 4624 / ASTM D-4541	Concrete: ≥ 1,5	Steel: ≥ 6
Max. Process temp. [°C]	ISO 11346 / ASTM D-2485	Wet: 60	Dry: 130 Peak temperature dry: 150

^{*)} All datas measured at 77°F @ 50%RH. Measurements at different ambience- and processing parameters have to be taken into account.

Quick Spray INDUSTRIAL – Hot Spray – 2 part coating – aromatic

POLYUREA

5. Physical Properties:		Datas
Water vapour transmission rate [g/m ² *d]	ASTM E-96 – Procedure E	11,2 (at 40°C and 95% rel. humidity)
Permeation coefficient [ng/Pa*s*m]	ASTM E-96 – Procedure E	0,085 (at 40°C and 95% rel. humidity)
Heat Conductivity [W/m*K]	-	0,245
Resistance to Root Penetration	EN 14416	Yes (approval)
Crack bridging abilities [mm] (thickness of the sample 2-3 mm)	DIN EN 1062-7 Procedure C.2	+23°C: > 15,5 -10°C :> 6,8 -20°C :> 6,4
Fire protection classification	DIN 4103-Part 1	E2 (normally inflammable)
Sound absorption	-	> 10 dB (A)
Surface resistance [Ohm]	DIN IEC 60157	≥ 1,0*10 ¹¹
Volume resistance [Ohm]	DIN IEC 60093	≥ 1,0*10 ¹¹
Storage conditions [°C]	DIN EN 12701	10 – 30 (in closed original drums, stored at dry and well ventilated place; beware of freezing)
Shelf life	-	12 months

6. Hints for the application:

The drying times depend naturally on the climate and environmental influences, e.g. ambient temperature, relative humidity of air and ventilation etc.

Therefore the times specified can only be used as guidelines. The exact times have to be determined by testing on site.

7. Form of delivery:

Product name	Unit	Ref.-No.
Quick Spray Industrial Comp. A+B	2 x 20 l (small drums)	On Request
Quick Spray Industrial Comp. A+B	2 x 200 l (drums)	On Request

All guidelines, recommendations, statements, and technical data contained herein are based on information and tests we believe to be reliable and correct, but accuracy and completeness of said tests are not guaranteed and are not to be construed as a warranty, either expressed or implied. It is the users responsibility to satisfy himself, by his own information and test, to determine suitability of the product for his own intended use, application and job situation and user assumes all risk and liability resulting from his use of the product. We do not suggest or guarantee that any hazard listed herein is the only one which may exist. Neither seller nor manufacturer shall be liable to the buyer or any third person for any injury, loss or damage directly or indirectly resulting from use of, or inability to use, the product. Recommendations or statements, whether in writing or oral, other than those contained herein shall not be binding upon the manufacturer, unless in writing and signed by a corporate officer of the manufacturer. Technical and application information is provided for the purpose of establishing a general profile of the material and proper application procedures. Test performance results were obtained in a controlled environment and VIP GmbH makes no claim that these tests or any other tests, accurately represent all environments.

The laws of the purchaser regarding of the quality of our materials follows completely our general terms and conditions. For requirements, which exceed the scope of the above mentioned applications, contact our technical staff at any time under the following number +49 (0)89-89 55809 30.

Valid is only the actual version of this technical data sheet in each case.

© Copyright, VIP GmbH, OSP Industrial
Version: September 2011-005

VIP – Spezial Industrie Produkte GmbH | Lokusstr. 11 | D-82202 Gröben/Reg. – Merz | Germany
Phone +49-089-89 55 8091 - 9 | info@vip-gmbh.com | www.vip-gmbh.com | www.polyurea-solutions.com