

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Mejora de diseño de segmentos de poliuretano para
una lavadora de arena McLanahan para reducir el
costo de mantenimiento en una empresa de
agregados, Arequipa 2019**

Oscar Augusto Monroy Salazar

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi asesor de tesis Ing. Alain Sánchez por su tiempo y dedicación para que así logre titularme como Ingeniero Mecánico, apoyándome y reforzando mis conocimientos e ideas para realizar esta tesis.

Asimismo, a la Universidad Continental y a mis compañeros de Ingeniería Mecánica por su apoyo a impulsarme a lograr este objetivo.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a DIOS y a la Virgen de Guadalupe, los que fueron mi guía espiritual en este largo camino.

A mi madre y hermana por ser mi apoyo durante mis estudios universitarios.

A mi esposa e hijas quienes fueron mi inspiración y motivo de seguir adelante para poder seguir creciendo personal y profesionalmente.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1.1 Planteamiento del problema	1
1.1.2 Formulación del problema:.....	2
1.1.3 Objetivos:	2
1.1.4 Justificación	3
1.1.5 Limitaciones:	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1.1 Antecedentes Nacionales	5
2.1.2 Antecedentes Internacionales:.....	7
2.2.1 Teoría del mantenimiento	7
2.2.2 Definición de mantenimiento.....	8
2.2.3 Tipos de mantenimiento.....	8
2.2.4 Objetivos de mantenimiento.....	10
2.2.5 Importancia del mantenimiento	10
2.2.6 Planeamiento y programación de mantenimiento	11
2.2.7 Indicadores de mantenimiento	11
2.2.8 Definición de Costos	12
2.2.9 Costos de mantenimiento	12
2.2.10 Definición de máquina, mecanismo, Grupo o unidad, Miembro, cadena cinemática	13
2.2.11 Definición de diseño	14
2.2.12 Lavadora de arena.....	15
2.2.13 Poliuretano	22

2.2.14	Disponibilidad y Confiabilidad	37
2.2.15	Confiabilidad	37
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		40
3.3.1	Población	40
3.3.2	Muestra	40
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN		43
4.2.1	Requisitos Funcionales	47
4.2.2	Requisitos No funcionales.....	47
4.2.3	Lista de exigencias	48
4.3.1	Matriz morfológica.....	49
4.3.2	Análisis Técnico y Económico.....	50
4.4.1	Segmento de poliuretano normal	54
4.4.2	Segmento de poliuretano tipo engranaje	56
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		59
5.1.1	Análisis de los resultados.....	65
5.2.1	PASO 1: Formulación Planteamiento de la hipótesis.....	66
5.2.2	PASO 2: Establecer el nivel de significancia.....	67
5.2.3	PASO 3: Elección del estadístico de prueba.....	67
5.2.4	PASO 4: Lectura del p-valor	69
5.2.5	PASO 5: Conclusión estadística	70
5.3.1	Hipótesis Específica 1	71
5.3.2	Hipótesis específica 2	81
CONCLUSIONES.....		86
RECOMENDACIONES		87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		88
ANEXOS		92

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1:	Historia del mantenimiento.....	8
Ilustración 2:	Cadena cinemática cerrada y abierta	14
Ilustración 3:	Concepto de diseño	14
Ilustración 4:	Tipo de lavadora Norias	16
Ilustración 5:	Tipo de lavadora elutriador	16
Ilustración 6:	Tipo de lavadora hidrociclón.	17
Ilustración 7:	Tipo de lavadora tornillo.....	18
Ilustración 8:	Motor eléctrico	19
Ilustración 9:	Reductor de velocidad	20
Ilustración 10:	Bandas de transmisión.....	20
Ilustración 11:	Rodamientos.....	21
Ilustración 12:	Lavadora de arena tipo tornillo.....	22
Ilustración 13:	Segmento de poliuretano.	22
Ilustración 14:	Escala dureza poliuretano.....	23
Ilustración 15:	Resistencia abrasión poliuretano.	24
Ilustración 16:	Características de compresión poliuretano.	24
Ilustración 17:	Propiedades de bajo cizallamiento.	25
Ilustración 18:	Coeficiente de fricción.....	25
Ilustración 19:	Resistencia al calor.	26
Ilustración 20:	Presentación poliuretano.	27
Ilustración 21:	Presentación poliuretano.	27
Ilustración 22:	Elastómero poliuretano.	28
Ilustración 23:	Tuberías poliuretano.	29
Ilustración 24:	Revestimientos poliuretano.....	29
Ilustración 25:	Mallas poliuretano.	30
Ilustración 26:	Mallas poliuretano.	30
Ilustración 27:	Varias aplicaciones poliuretano.	31
Ilustración 28:	Cargador frontal.	43
Ilustración 29:	Tolva de alimentación.	44
Ilustración 30:	Faja de alimentación.....	44

Ilustración 31: Tina de lavado.	44
Ilustración 32: Faja de salida.....	45
Ilustración 33: Material lavado.....	45
Ilustración 34: Secuencia de operaciones.....	46
Ilustración 35: Caja negra.	46
Ilustración 36: Caja gris.....	46
Ilustración 37: Matriz morfológica.....	49
Ilustración 38: Grafico de la Evaluación técnica y económica.....	53
Ilustración 39: Vista isométrica del segmento de poliuretano normal.....	54
Ilustración 40: Vista frontal del segmento de poliuretano normal.	55
Ilustración 41: Vista posterior del segmento de poliuretano normal.	55
Ilustración 42: Vista lateral del segmento de poliuretano normal.	56
Ilustración 43: Vista isométrica del segmento de poliuretano tipo engranaje.	56
Ilustración 44: Vista frontal del segmento de poliuretano tipo engranaje.	57
Ilustración 45: Vista posterior del segmento de poliuretano tipo engranaje.	57
Ilustración 46: Vista lateral del segmento de poliuretano tipo engranaje.	58
Ilustración 47: Elección de la prueba estadística.	68
Ilustración 48: Confiabilidad de los segmentos en base a la Ecuación exponencial.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Peso específico poliuretano	23
Tabla 2.	Poliuretano vs Cauchos metales y plásticos	28
Tabla 3.	Gradación.....	31
Tabla 4.	Ensayos	33
Tabla 5.	Límites permisibles en pérdida por ataque de sulfatos	34
Tabla 6.	Límites para sustancias deletéreas en el agregado grueso	35
Tabla 7.	Límites permitidos en pérdida por ataque de sulfatos	36
Tabla 8.	Resistencias mecánicas de los agregados gruesos	36
Tabla 9.	Técnicas e instrumentos	41
Tabla 10.	Lista de exigencias.....	48
Tabla 11.	Evaluación Técnica	50
Tabla 12.	Evaluación económica	52
Tabla 13.	Resultados del control en los segmentos de poliuretano normal	61
Tabla 14.	Desgaste de los segmentos de poliuretano tipo normal	62
Tabla 15.	Resultados del control en los segmentos de poliuretano engranaje	63
Tabla 16.	Desgaste de los segmentos de poliuretano tipo engranaje	64
Tabla 17.	Comparación del desgaste de los segmentos de poliuretano en cada inspección	65
Tabla 18.	Análisis de las variables	68
Tabla 19.	Prueba de normalidad por SPSS	70
Tabla 20.	Conclusión sobre la prueba de normalidad	70
Tabla 21.	Prueba T-student para muestras relacionadas mediante el SPSS.....	71
Tabla 22.	Conclusión sobre la validez de la hipótesis	71
Tabla 23.	Costos de mantenimiento de la lavadora de arena	72
Tabla 24.	Costo por cambio de segmentos de poliuretano	73
Tabla 25.	Costo de cambio de segmentos según el tipo de segmento de poliuretano.....	73
Tabla 26.	Diferencias entre los segmentos de poliuretano.....	74
Tabla 27.	Cantidad de cambios de segmento por año, según el tipo de segmento.....	74

Tabla 28.	Costo anual por cambio de segmentos	75
Tabla 29.	Producción anual de material lavado	75
Tabla 30.	Cubos lavados por el segmento de poliuretano normal o sin modificar	76
Tabla 31.	Cubos lavados por el segmento de poliuretano tipo engranaje o modificado	77
Tabla 32.	Producción de material lavado de cada segmento en su vida útil	78
Tabla 33.	Promedio semanal de cubos procesados por cada tipo de segmento	78
Tabla 34.	Comparación de los resultados obtenidos	79
Tabla 35.	Comparación de los segmentos en cuanto a su duración y producción.....	80
Tabla 36.	Costo por cubo lavado en relación al costo por el cambio del segmento de poliuretano.....	81
Tabla 37.	Calculo del MTBF y MTTR de la máquina lavadora de arena	82
Tabla 38.	Calculo de la disponibilidad	83
Tabla 39.	Confiabilidad con un tiempo "t" de 30 días	84

RESUMEN

El objetivo de la investigación, se basó en analizar la mejora del diseño de segmentos de poliuretano para una lavadora de arena MCLANAHAN que reduzca el costo de mantenimiento para la empresa de agregados.

El trabajo de investigación se enmarcó como preexperimental, ya que, se analizaron los resultados en una preprueba y postprueba, es decir, primero se estudió los segmentos de poliuretano sin modificar, y luego se analizó los resultados por el segmento de poliuretano modificado (tipo engranaje); con los resultados se calculó el tiempo de desgaste y el desgaste en milímetros que sufre los segmentos, con tales resultados se pudo comprobar la validez de la hipótesis mediante la prueba t-student para muestras relacionadas en el software estadístico SPSS.

Con el cambio de segmentos se obtuvo que el segmento de poliuretano modificado o tipo engranaje reduce el costo de mantenimiento de la máquina, además incrementa la cantidad de cubos lavados por hora de 35 a 50, con lo cual, el segmento modificado procesa una mayor cantidad de cubos lavados durante su vida útil.

Como conclusión principal, el segmento de poliuretano tipo engranaje alcanzó la reducción de los costos de mantenimiento de la lavadora en 62,892.00 dólares.

ABSTRACT

The objective of the investigation was based on analyzing the improvement of the design of polyurethane segments for an MCLANAHAN sand washer that reduces the maintenance cost for the aggregates company.

The research work was framed as pre-experimental, since the results were analyzed in a pre-test and post-test, that is, first the unmodified polyurethane segments were studied and then the results were analyzed by the modified polyurethane segment (gear type) With the results, the wear time and the wear in millimeters suffered by the segments were calculated. With these results, the validity of the hypothesis could be verified by means of the t-student test for related samples in the SPSS statistical software.

With the change of segments it was obtained that the modified polyurethane or gear type segment reduces the maintenance cost of the machine, also increases the number of buckets washed per hour from 35 to 50, with which, the modified segment processes a greater quantity of buckets washed during their useful life.

As a main conclusion, the gear type polyurethane segment achieved the reduction of the maintenance costs of the washing machine by \$ 62,892.00.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la investigación, es el de analizar la mejora de los segmentos de poliuretano para que la lavadora de arena MCLANAHAN reduzca el costo de mantenimiento para la empresa de agregados, para cumplir con este objetivo general, fue necesario analizar la vida útil de los segmentos de poliuretano, determinar el costo por cambiar los segmentos de poliuretano y calcular los indicadores de disponibilidad y confiabilidad de los dos tipos de segmento de poliuretano.

Así mismo, la empresa se ve en la necesidad de buscar una solución para el cambio de segmentos, debido a que los segmentos que viene empleando se desgastan en 3 meses y la máquina requiere 400 segmentos valorizado cada uno 68.00 dólares, lo cual significa un desembolso trimestral de 27,200.00 dólares en adquirir solo los segmentos, por lo que, los gastos anuales que la empresa realiza en el cambio de segmentos es muy elevado; es por ello, que se busca reducir los costos de mantenimiento en la lavadora de arena a través de los segmentos de poliuretano tipo engranaje.

Los resultados obtenidos por el segmento tipo engranaje son:

- Su vida útil es de 7 meses, el cual es mayor en 4 meses al segmento normal
- La producción por hora es de 50 cubos, en cambio, con el segmento normal fue de 35 cubos por hora.
- El costo anual por cambiar los segmentos es de 66,092.00 dólares, en cambio, con el anterior segmento era de 128,984.00 dólares.

Por lo expuesto, se tienen los siguientes capítulos:

CAPÍTULO I: Planeamiento del estudio en donde se dan los objetivos, justificación e importancia de la tesis.

CAPÍTULO II: Marco teórico en donde se darán a conocer las diferentes definiciones de mantenimiento, costos, lavadora de arena y poliuretano.

CAPÍTULO III: Hipótesis y variables en donde se plantean los indicadores a comparar para dar validez a la tesis propuesta.

CAPÍTULO IV: Metodología del diseño de la investigación experimental y la recolección de datos de la empresa.

CAPÍTULO V: Resultados y discusión en cuanto a los dos tipos de segmentos de poliuretano, se detalla la reducción de los costos obtenidos por cambiar el segmento de poliuretano.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1 Planteamiento del problema

Las empresas de agregados emplean máquinas lavadoras de arenas, los cuales emplean tornillos lavadores para material fino, estos lavan, clasifican y desaguan materiales sólidos de -10 mm o 3/8". En comparación con otros sistemas de lavado de arena, los tornillos lavadores implican un bajo costo y un bajo consumo de energía eléctrica; y son usados en su mayoría por productores de arena para la construcción, empresas mineras, procesadores solares de sal y salmuera y plantas de reciclaje de vidrio.

Los tornillos lavadores emplean poliuretano para realizar el lavado de arena, el cual tiene la finalidad de reducir el contacto de materiales con superficies de acero, así como para aumentar el tiempo de servicio del equipo; sin embargo, el poliuretano se desgasta, por tal motivo, los segmentos de poliuretano deben ser reemplazables. (Minería Panamericana, 2014).

En la presente investigación realizó un estudio al costo de mantenimiento de la máquina lavadora de arena de una empresa de agregados, en donde se identificó que el mayor costo está en el cambio de segmentos de poliuretano, el cual llega a ser el 75% del total de los costos de mantenimiento de la mencionada máquina.

Los segmentos de poliuretano se desgastan en 3 meses y la máquina requiere 400 segmentos, y cada segmento cuesta 68.00 dólares, lo cual significa un desembolso trimestral de 27,200.00 dólares en adquirir los segmentos (este monto no incluye los gastos por personal, equipos, etc., que intervienen en el cambio de los segmentos).

Debido al elevado costo por cambiar los segmentos de poliuretano, es que la empresa recurre a buscar soluciones para reducir el costo por cambiar los segmentos de poliuretano; por tal razón, se introduce el segmento de poliuretano que tiene una forma de engranaje, este nuevo segmento cuesta 70 dólares y adquirir los 400 segmentos cuesta 28,000.00 dólares, teniendo un mayor tiempo de vida, es decir, mayor duración, ya que, se reemplazan a los 7 meses.

1.1.2 Formulación del problema:

El presente trabajo de investigación está orientado a comparar dos tipos de diseño de segmentos de poliuretano, en donde, es posible que uno de ellos tenga menor desgaste y mayor tiempo de vida, por ende, se requiere saber cómo influye en el costo de mantenimiento de la lavadora de arena.

1.1.2.1 Problema General

¿De qué manera el nuevo segmento de poliuretano incide en el costo de mantenimiento de la lavadora de arena MCLANAHAM de la empresa de agregados?

1.1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la diferencia en la producción de arena lavada y el costo por el cambio de los segmentos entre el modelo de segmento tradicional y el modelo de tipo engranaje en la máquina lavadora de arena de la empresa de agregados?
- ¿Cuál es la disponibilidad y confiabilidad de los dos modelos de segmentos de poliuretano en la máquina de lavado de arena de la empresa de agregados?

1.1.3 Objetivos:

1.1.3.1 Objetivo General

Determinar la incidencia del nuevo segmento de poliuretano en el costo de mantenimiento de la lavadora de arena MCLANAHAM de la empresa de agregados.

1.1.3.2 Objetivos específicos

- Comparar el nivel de producción de arena lavada y el costo por mantenimiento entre el segmento de poliuretano tradicional y el segmento tipo engranaje de la máquina lavadora de arena en la empresa de agregados.

- Comparar la disponibilidad y confiabilidad de los dos modelos de segmentos de poliuretano de la máquina de lavado de arena en la empresa de agregados.

1.1.4 Justificación

A. Técnica

La empresa emplea 400 segmentos de poliuretano, los cuales son reemplazados cada 3 meses; sin embargo, se espera incrementar la vida útil del segmento al agregar 7 barras alrededor del segmento de poliuretano.

Por lo cual, la característica principal del nuevo segmento, es la reducción de su desgaste, en el desarrollo de la investigación se evidencia una reducción del 60% del desgaste inicial de los segmentos de poliuretano.

El reducir el desgaste trae consigo el incremento de su vida útil, el que, se lograría incrementar hasta en 133%, y al incrementarse la vida útil se reduce el costo de mantenimiento de la lavadora de arena.

Así mismo, el nuevo segmento logra un incremento en la producción de cubos lavados de arena, el cual incrementa la producción semanal alrededor del 41%.

Por lo expuesto, resulta relevante realizar un estudio sobre los cambios que trae consigo el nuevo segmento de poliuretano en la máquina lavadora de arena.

B. Económica

La lavadora de arena tiene un elevado costo de mantenimiento, esto originado por los segmentos de poliuretano, ya que, son cambiados cada 3 meses; por lo que, reemplazar los segmentos de la lavadora de arena representa el 75% de los costos anuales de mantenimiento de la lavadora; por tal motivo, resulta relevante el buscar un nuevo segmento de poliuretano que tenga un mayor de tiempo de vida útil y que no afecte a la producción ni calidad de arena lavada.

C. Social

El segmento de poliuretano que la empresa utiliza se desgasta en poco tiempo, y teniendo en cuenta la empresa emplea 400 segmentos en donde cada segmento pesa 1768 gr y que realiza 4 cambios al año; resulta cerca de tres toneladas de poliuretano que la empresa requiere; y esto no resulta nada ecológico. Por lo expuesto, resulta relevante buscar una alternativa de solución para que la empresa deseche la menor cantidad de poliuretano posible.

Con el presente trabajo de investigación también se pretende que otras personas se interesen por la investigación, ya que, el trabajo muestra como un cambio de cierto componente trae mejoras sustanciales a toda la máquina, y esto puede ser replicado por otros investigadores para que desarrollen mejoras dentro de sus instituciones.

1.1.5 Limitaciones:

- Temporal: Se realizó las mediciones de los segmentos normales y de tipo engranaje durante todo el año 2019; asimismo, debido a que la máquina no puede parar, se aprovechó los días de engrase de máquina para realizar las mediciones de los segmentos, por ende, solo se estudiaron a 30 segmentos en cada fecha de inspección
- Espacial: Se analizaron los segmentos de poliuretano de una sola Máquina lavadora de Arena.
- Económico: La investigación fue autofinanciada, asimismo, no se incurrió en gastos mayores, ya que la empresa fue la que adquirió los segmentos a su proveedor.

1.2. Hipótesis de investigación

1.2.1. Hipótesis General

Existe menor desgaste del nuevo segmento de poliuretano, en comparación con el segmento antiguo que usa la empresa de agregados en la lavadora de arena MCLANAHAN, con lo cual, el nuevo segmento tiene un mayor tiempo de vida útil y esto reduce el costo de mantenimiento de la lavadora de arena.

1.2.2. Hipótesis Específicas

- El nuevo segmento de poliuretano incrementa la producción de cubos lavados y reduce el costo por el cambio de segmentos de la lavadora de arena de la empresa de agregados.
- El nuevo segmento de poliuretano tiene mejores índices de disponibilidad y confiabilidad que el segmento antiguo de la lavadora de arena de la empresa de agregados.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1 Antecedentes Nacionales

Tenemos los siguientes antecedentes nacionales:

Diseño y construcción de un prototipo para lavado de agregados:

“Con el fin de mejorar el proceso de lavado y escurrido de agregados empleados en la elaboración del concreto, provenientes del cauce de los ríos, se realizó un diseño electromecánico, con el fin de optimizar el lavado de dicho material. Este trabajo de mejoramiento del proceso fue propuesto por la empresa INARQ. En el proyecto se realiza el: diseño, construcción, puesta a punto y marcha del prototipo construido. Se inicia con la definición del problema, es decir, presentando los antecedentes de las alternativas de clasificadoras y lavadoras de agregados (gravillas). Posteriormente se procede a la selección de la alternativa que se considera que mejor se ajusta a los requerimientos de este proyecto. Luego se procedió a la definición y diseño de los diferentes subsistemas componentes de la alternativa seleccionada. Se construyó el prototipo y se puso a punto. Finalmente, se elaboró el informe final con sus respectivas memorias de cálculo, planos y manual de operación del prototipo elaborado.” (Morales, 2016).

La investigación señalada aportó a esta investigación para poder ver los tipos de lavadoras de arenas, su funcionalidad, sus componentes y de acuerdo a ello cada una sirve para cada tipo de proyecto para poder así elegir la conveniente según prototipo para la mejor rentabilidad de la empresa, para lo cual mejoraron el diseño de la tolva de alimentación generando una mayor producción para la empresa.

Diseño y construcción de un sistema de lavado de arena con capacidad aproximada de ciento sesenta toneladas por día e implementación de un HMI, para la Compañía Ecohormigones.

“El presente proyecto trata sobre el diseño de una máquina lavadora de arena, tipo tornillo con capacidad de 160 toneladas por día e implementación de un HMI para la Compañía Ecohormigones. El principio de funcionamiento consiste en llenar la piscina de la zona de lavado, y simultáneamente bombear agua desde el tanque de almacenamiento mientras se efectúa la descarga de arena sin lavar desde la tolva hacia la parte superior de la piscina, de tal forma que las partículas más pequeñas sean removidas por el agua y desalojadas de la piscina por rebose hacia un tanque de decantación. Las partículas gruesas que se depositan en el fondo de la zona de lavado son arrastradas por un tornillo transportador dispuesto a lo largo de la artesa y elevado a un ángulo de 15° para que se produzca el desagüe de la arena.” (Jiménez y Solís, 2019)

La investigación señalada ha aportado a mi investigación en el diseño de la lavadora de arena a la interfaz entre máquina y operario, me permite conocer el proceso de lavado de arena desde que ingresa a la tina de lavado hasta la salida como producto final transportado por los tornillos helicoidales. El diseño propuesto minimiza los requerimientos de mantenimiento y desmontaje de los componentes.

Mantenimiento preventivo de la planta de agregados, en la Empresa Concremax S.A. del Proyecto Toromocho.

“En el presente trabajo de experiencia profesional, fue desarrollado en el proyecto Toromocho de la empresa minera Chinalco Perú. La empresa Concremax S.A asumió el reto de brindar concreto premezclado del tipo curb concret para la presa de relaves, para esto se necesitó una planta de chancado de piedra y producción de arena. En el cual se plantean estrategias y planes de mantenimiento para la mejora de disponibilidad de equipo. El siguiente informe detalla la manera como se realizó la gestión del mantenimiento de esta planta de chancado, en primer lugar, se brinda una descripción general de la empresa, luego se desarrolla un marco teórico del mantenimiento, seguido se detalla cual fue la implementación de la gestión del mantenimiento y mejoras en el planeamiento, que se lograron en toda la gestión del mantenimiento de la planta de chancado durante la duración del proyecto. En esta gestión se logró aumentar la disponibilidad de los equipos (chancadora, zaranda, fajas transportadoras) se logró aumentar la disponibilidad de chancadora de un 86.81% a un 92.71% zarandas de un 91.14%, gracias a esta mejora en la gestión se obtuvieron estos resultados.” (Ladera, 2018)

El trabajo ha aportado a mi investigación en conseguir las herramientas de gestión necesarias para aumentar la disponibilidad mecánica de los equipos mediante una planificación de mantenimiento adecuada para la empresa. Mediante formatos de seguimiento obtuvieron una mejor disponibilidad de sus equipos.

2.1.2 Antecedentes Internacionales:

Minimización de paros no programados en la línea de producción de agregados, mediante un programa de mantenimiento preventivo.

“El programa de mantenimiento debe contar con puntos básicos con los cuales se busca estandarizar el proceso que debe seguir una tarea de mantenimiento. Entre los puntos importantes se mencionan la organización de los materiales necesarios para la tarea de mantenimiento y la identificación de los subsistemas que componen la línea de producción y de sus elementos mecánicos críticos que tienen mayor probabilidad de falla.” (Aguilar, 2017)

El trabajo ha aportado a mi investigación en identificar los repuestos críticos, los procedimientos y las secuencias organizadas de las tareas a realizar para que el trabajo pueda desarrollarse con eficiencia y con ello la optimización en tiempos lo que hace un plan de mantenimiento efectivo. Así mismo un sistema de mantenimiento basado en las correcciones de falla, vida útil del equipo para tener un sistema de producción continuo.

2.2 BASES TEÓRICAS

Mencionaremos los principales conceptos referentes a mantenimiento, tales como:

2.2.1 Teoría del mantenimiento

Para entender más la historia lo reflejaremos en la siguiente ilustración:

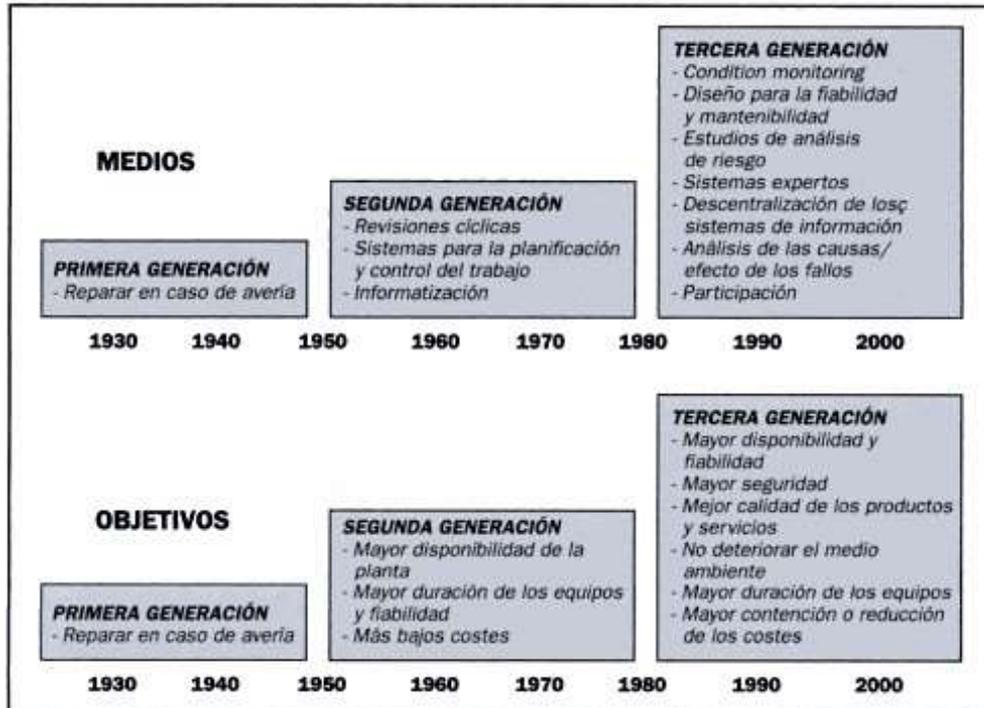


Ilustración 1: Historia del mantenimiento

Fuente: Gonzales, F. "Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado"

2.2.2 Definición de mantenimiento

Se tienen diversas definiciones de diferentes autores como:

"La palabra Mantenimiento Industrial la vamos a emplear para designar las técnicas que aseguran la correcta utilización de edificios e instalaciones y el continuo funcionamiento de la maquinaria productiva". (Muñoz, 2008, p. 3).

Finalmente, otra definición dice:

"Como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento". (García, 2003, p.1).

Por lo tanto, el mantenimiento es aplicar técnicas que me ayuden a mantener los activos de una empresa para poder tener un mayor tiempo de vida.

2.2.3 Tipos de mantenimiento

Tenemos entre los más importantes los siguientes:

A. Mantenimiento preventivo

Se tiene los siguientes conceptos:

El mantenimiento preventivo es mediante un plan de mantenimiento e inspecciones anticiparse a evitar las fallas que puedan afectar la producción u operación de la empresa, evitando así paradas innecesarias. (Rey, 2000).

Otra opinión: “Que es un conjunto de acciones o labores que puedan ser previstas con suficiente anticipación, de tal forma que se planifiquen o se programen adecuadamente tanto en la manera de realizarlas como en su tiempo de ejecución”. (Cespedes, 1981, p.23).

El mantenimiento preventivo es anticiparnos a que los componentes se deterioren mediante un plan o un programa de mantenimiento muchas veces apoyándonos en herramientas o instrumentos que nos den datos medibles según recomendación del fabricante.

B. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es toda falla que se da de improviso en la maquina que no se ha podido detectar en las inspecciones programadas. (Rey, 2000).

Adicional se sabe del mantenimiento correctivo:

“Por su propia naturaleza el mantenimiento correctivo se presta muy poco a la programación”. (Bravo y Barrantes, 1989, p. 97).

Se realiza cuando ocurre la falla y no se ha podido anticipar en las inspecciones normalmente trabajamos con dos tipos de mantenimiento correctivo; los programados y los imprevistos estos últimos dados con frecuencia por la operación netamente.

C. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es una metodología que a través de inspecciones programadas tiene como fin asegurar el correcto funcionamiento de las maquinas. (Rey, 2000).

Se da cuando ya se tiene definido los equipos críticos mediante inspecciones previas anticipándonos a fallas estas inspecciones se dan por el personal calificado dejando bajo constancia en un registro estandarizado.

2.2.3.1 Sistema Mantenimiento Productivo total (TPM)

El TPM busca recoger y aplicar las tendencias más recientes en cuanto a la planificación participativa integral de todas las tareas de mantenimiento, incluyendo las técnicas utilizadas y su gestión, la administración de mantenimiento, el control de los

distintos índices asociados a funcionamiento de los equipos y al conjunto de las instalaciones (fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad). (Salazar, 2019).

En el Mantenimiento Productivo total buscamos involucrar a operadores o colaboradores capacitados que no sean personal del área de mantenimiento en las tareas de control y lubricación que no demandan ningún riesgo personal ni material, este último referido a los equipos.

2.2.4 Objetivos de mantenimiento

El principal objetivo del mantenimiento es:

“El objetivo general de la gestión de mantenimiento es el maximizar el valor y la disponibilidad de las instalaciones, maquinaria y equipo con el mínimo costo”. (Bravo y Barrantes, 1989, p. 18).

Conforme a lo anterior, se infiere que es darle un mayor tiempo de vida a nuestras maquinas, equipos e instalaciones a un menor costo.

2.2.5 Importancia del mantenimiento

“La importancia que cada empresa le da al mantenimiento depende de los fines y objetivos de la actividad a que se dedica. Para ello los planificadores de mantenimiento de cada empresa deben preparar análisis detallados de los diferentes sistemas de mantenimiento contra costos de operación, que deben incluir intangibles, tales como prestigio, confiabilidad y seguridad.” (Bravo y Barrantes, 1989, p. 22-23).

Actualmente la gestión de mantenimiento en toda empresa juega un papel importante ya que se anticipan fallas de paradas de equipos que pueden generar altas perdidas con ello se minimizan costos, se maximiza la vida útil de las máquinas, equipos e instalaciones.

La importancia del mantenimiento en las empresas ha atravesado un cambio durante los últimos años anteriormente se consideraba que el costo de mantenimiento era alto, pero actualmente se considera parte integral del proceso productivo, con esto se quiere asegurar la continuidad de la producción sin tener paradas inesperadas. (Rey, 2000).

En los últimos años la mentalidad en la industria ha ido cambiando ya que ahora integran al área de mantenimiento en el proceso productivo destinando porcentajes monetarios para la optimización en los procesos y así generando mayor disponibilidad de los equipos.

2.2.6 Planeamiento y programación de mantenimiento

La programación y el planeamiento deben ir de la mano considerando que uno depende del otro.

Se tiene:

Programación: “El fin de la programación es mantener un balance adecuado entre la capacidad de trabajo y las labores a realizar. Es recomendable preparar programaciones preliminares a corto plazo de periodos aproximados a 12 meses que generalmente coinciden con el presupuesto de ejecución por programas”. (Bravo y Barrantes, 1989, p. 34).

La programación ayuda a saber cuándo se debe parar la máquina de mantenimiento teniendo ya los insumos previstos, mano de obra para con ello maximizar la vida útil de los componentes.

Planificación: “El objetivo fundamental de un buen programa de mantenimiento es el de producir mayor cantidad al menor costo dentro de las normas de calidad.” (Bravo y Barrantes, 1989, p. 34).

La programación y planificación juega un rol importante para que no exista paradas no programadas en los equipos y por consiguiente no se vea afectada la producción ya que es un dato medible importante, llevados de la mano con la seguridad y calidad.

2.2.7 Indicadores de mantenimiento

Solo se puede mejorar algo que se tiene medido, para tener una base sobre la cual trabajar, con ello definir metas (con ello ver el éxito o fracaso) y tener una comparación de las situaciones del antes y después de las medidas adoptadas. (González, 2003).

Un gerente o dueño sabe que todo se debe medir para saber la situación actual de la empresa en que está mal o en que puede mejorar, es por ello que se plantean diferentes indicadores.

La selección de indicadores es la clave del rendimiento es una decisión importante que puede tener muchas implicaciones potenciales. Un conjunto de sugerencias para reforzar implicaciones positivas de nuestro cuadro de mando. Los indicadores deben utilizarse para que nos den información entendible, más allá de una herramienta para que nos ayude en la gestión.

Los indicadores que se tienen son:

- MTTF (TPO): Tiempo promedio operativo hasta el fallo, unidad: tiempo (horas, días, semanas, meses, etc.).
- FF: Frecuencia de fallos, unidad: fallos/tiempo.
- MDT: Tiempo promedio fuera de servicio, unidad: tiempo.
- CIF: Costes de indisponibilidad por fallos, unidad: dinero/tiempo.
- D: Disponibilidad por fallos, unidad, unidad: %
- VEA: Valor económico agregado anual (nivel de ganancias), unidad: dinero/tiempo. (Crespo y Parra, 2012).

Las empresas buscan obtener datos medibles en las diferentes áreas que la componen, para así obtener comparativos que permitan saber el cumplimiento de las metas establecidas.

2.2.8 Definición de Costos

“Recurso sacrificado o perdido para alcanzar un objetivo en específico, se mide por lo general como la cantidad monetaria que debe pagarse para adquirir bienes y servicios. Un costo real es el costo en el que se ha incurrido (un costo histórico o pasado), a diferencia de un costo presupuestado, que es un costo predicho o pronosticado (un costo futuro)”. (Horngren, Srikant y Madhav, 2012, p. 27).

El costo es el valor económico dado a todo aquello que se quiera adquirir.

El costo está involucrado en los diferentes procesos de una línea de producción costo de mano de obra, insumos, mantenimientos, procesos de manufactura, etc. considerados como costos directos e indirectos de la empresa.

2.2.9 Costos de mantenimiento

“Los costos de mantenimiento cotidiano serán más reales y útiles y no es necesario en ellos un alto grado de detalle, es muy importante considerar cuidadosamente las cifras de gastos fijos. La práctica común de utilizar en contabilidad las horas de trabajo realizadas en las maquinas clave para la distribución de los costos, puede dar lugar a cifras equivocadas, si estos módulos- horarios se aplican al cálculo del dinero que se pierde por tener una máquina parada”. (Bravo y Barrantes, 1989, p. 143).

Los costos de mantenimiento son útiles, pero estos deben mostrar la realidad y sincerarse para tener una data clara de los costos de mantenimiento en la empresa y así aplicar mejoras continuas de ser necesarias.

2.2.10 Definición de máquina, mecanismo, Grupo o unidad, Miembro, cadena cinemática

A. **Maquina:** Sistema concebido para realizar una tarea determinada que comporta la presencia de fuerzas y movimientos y, en principio, la realización de trabajo.

Las maquinas consideradas en este proyecto son:

- Línea amarilla (Cargadores frontales, excavadoras, Tractores).
- Plantas de agregados (Chancadoras primarias, secundarias y lavadoras de arena).
- Equipos estacionarios (Generadores, luminarias).

B. **Mecanismo:** Conjunto de elementos mecánicos que hacen una función determinada en una máquina, el conjunto de las funciones de los mecanismos de una máquina ha de ser el necesario para que esta realice la tarea encomendada. Así, por ejemplo, en una máquina lavadora de arena hay, entre otros, los mecanismos encargados del arranque de la máquina, del ingreso y salida de agua y el mecanismo que hace girar los helicoidales para el desplazamiento de la arena. Cada uno de ellos tiene una función concreta y el conjunto de las funciones de todos los mecanismos de la lavadora permite que la máquina realice el lavado de arena.

C. **Grupo o unidad:** Conjunto diferencia de elementos de una máquina. Así, el conjunto de elementos implicados en la tracción de un automóvil es el grupo tracción. A veces grupo se utiliza como sinónimo de máquina, por ejemplo, un grupo electrógeno es una máquina de hacer electricidad, el cual es un equipo con el que se trabajara en el presente proyecto como dato referencial.

D. **Miembro:** elemento material de una máquina o mecanismo que puede ser sólido, rígido, solido, flexible o fluido. En la contabilización de los miembros de un mecanismo no se debe olvidar, si existe el miembro fijo a la referencia de estudio, que recibe diferentes nombres según el contexto: base soporte, bancada, bastidor, etc.

Tomando como ejemplo las plantas de agregados dentro de ellos la lavadora de arena unos de los miembros en su ensamblado son los segmentos (poliuretanos).

- E. **Cadena cinemática:** Conjunto o subconjunto de miembros de un mecanismo enlazados entre sí. Por ejemplo, la cadena de transmisión de un vehículo, el mecanismo enlazado entre sí como se observa en la ilustración 2. (Cardona y Clos, 2001)

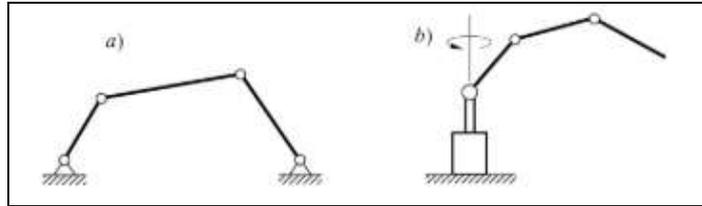


Ilustración 2: Cadena cinemática cerrada y abierta
Fuente: Cardona y Clos "Teoría de máquinas"

2.2.11 Definición de diseño

Según Boccardo (2006) es aquella actividad proyectual que da origen a los objetos, productos o procesos que responde, de alguna manera, a necesidades diversas planteadas por el hombre. El diseño es una de las manifestaciones de la creatividad humana, mediante la cual, el hombre crea los objetos, las máquinas o los procesos, que buscan mejorar la calidad de vida. El diseño consiste en adecuar los productos a las circunstancias que están adscritos y esto significa sobre todo adaptarlos a las circunstancias nuevas. En el campo de la ingeniería se habla que el diseño es un proceso cuyo objetivo es transformar los recursos en sistemas o productos para la satisfacción de necesidades de cualquier índole como figura en la ilustración nro. 3.



Ilustración 3: Concepto de diseño

Fuente: Boccardo, R. "Creatividad en la ingeniería de diseño."

- **Diseño industrial:** Es una actividad cuyo objeto es determinar las cualidades formales que deben poseer los objetos fabricados por la industria. Estas cualidades formales no se encuentran solo en las características exteriores, sino principalmente en las relaciones estructurales y funcionales que hacen de

un sistema un todo coherente, tanto desde el punto de vista del productor como del usuario. (Boccardo, 2006)

Es una tarea creativa que da origen a un objeto para que se elabore en la línea de producción industrial establecida.

2.2.12 Lavadora de arena

Es un mecanismo en la que se puede retirar el polvo del agregado y otras impurezas en menor cantidad desde la arena variada o mixta que proviene del productor de arena, y es así como se puede mejorar la calidad del agregado.

Las lavadoras de arena deslaman, liberan, depuran, descontaminan, la arena en estado crudo para luego convertirlas en un agregado o producto que cumpla las especificaciones requeridas por el cliente.

La acción de elevación y caídas continuas junto con el agua, van a ayudar a descomponer y depurar las arcillas o materiales contaminantes solubles. (McLanahan, s.f.).

2.2.12.1 Tipos de lavadora

Se tienen las siguientes:

- A. **Lavadora Noría:** Es una máquina que se puede filtrar y quitar polvo de piedras y otras impurezas de poca cantidad desde la arena mixta que sale del productor de arena y así, se mejora la calidad de la arena como se observa en la ilustración 4. La lavadora de arena se usa ampliamente sobre el terreno de grava, la minería, materiales de construcción, transporte, industria química, conservación de agua y la energía hidroeléctrica, y concreta las estaciones de mezcla y otras industrias en la preparación de materiales. (Cromangingenieria, s.f.).

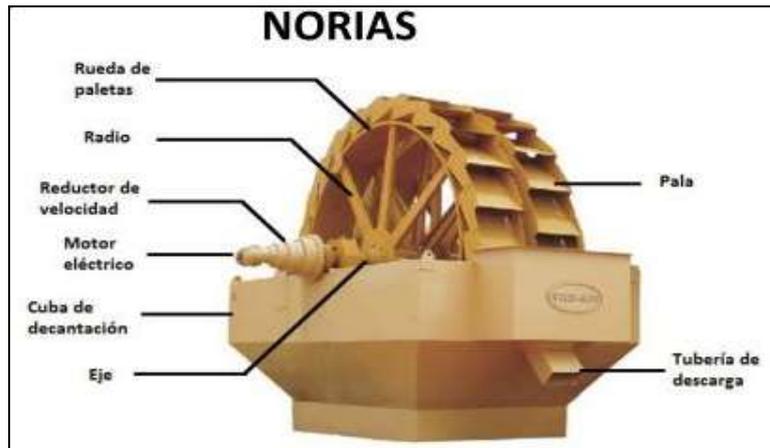


Ilustración 4: Tipo de lavadora Norias
Fuente: Recuperado <http://cromangingenieria.com>

- B. **Lavador Eleutriadora:** Un elutriador es esencialmente una cámara vertical de asentamiento como se observa en la ilustración 5. Los elutriadores consisten de uno o más de tubos verticales o torres en serie, por dentro de los cuales fluye hacia arriba una corriente de agua con una velocidad definida por la rapidez del flujo de agua y el área de la sección transversal del tubo. Las partículas grandes, con velocidades terminales de asentamiento superiores a la velocidad del flujo hacia arriba de agua, son separadas y recolectadas en el fondo de la cámara. Las partículas más pequeñas con menores velocidades de asentamiento son arrastradas fuera del colector. El tamaño de partícula que se atrapa puede variar cambiando la velocidad del agua. La clasificación por tamaño de las partículas atrapadas puede lograrse utilizando una serie de tubos con diámetros cada vez mayores. Las tolvas son utilizadas por lo general para recolectar al material asentado. (Cinarem, s.f.).



Ilustración 5: Tipo de lavadora elutriador
Fuente: Recuperado <http://cinarem.ismm.edu.cu/>

- C. **Lavadora Hidrociclón:** Los hidrociclones son aparatos que aprovechan la fuerza centrífuga y no la gravedad, como en el caso de los clasificadores anteriormente descritos, lo que hace que sean aparatos de menor tamaño. Son elementos de forma cilíndrico-cónicas que cuentan con una tubería de alimentación, una cámara de alimentación un tronco de cono, una tubería de salida inferior y una tubería de rebose. La suspensión (sólido-líquido de 10 al 20%), se introduce a presión elevada en la cámara de alimentación, mediante una tubería tangencial, tomando un movimiento en torbellino, alrededor de una columna de aire que se forma en el eje del aparato y se divide en dos corrientes, una que se evacua por el orificio central de rebose arrastrando las partículas finas. La otra sale por el extremo inferior junto a las partículas más grandes y pesadas, que han perdido energía cinética por el choque contra las paredes y posterior deslizamiento por las mismas hacia la salida inferior como figura en la ilustración 6. (Cinarem, s.f.).

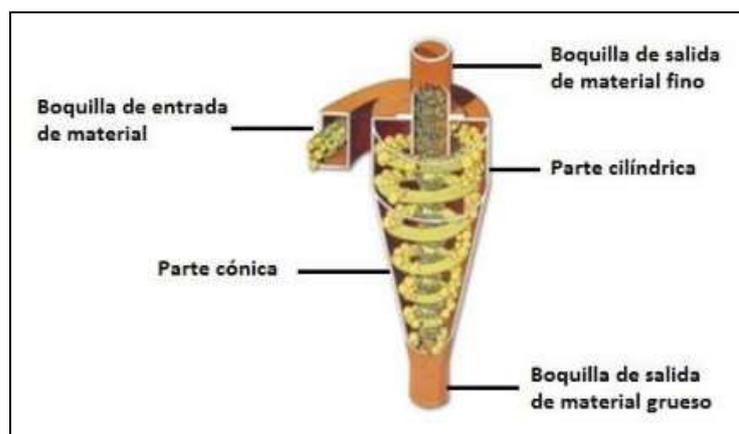


Ilustración 6: Tipo de lavadora hidrociclón.

Fuente: Recuperado <http://cinarem.ismm.edu.cu/>

- D. **Lavadora Tornillo:** Se utiliza principalmente para el lavado, la nivelación y la eliminación de impurezas en carreteras, energía hidroeléctrica, construcción y otras industrias, así como en operaciones tales como lavado de material de grano fino y grano grueso según ilustración 7. Con un pequeño consumo de energía, alto grado de limpieza. Una buena estructura de sellado, un dispositivo de transmisión completamente cerrado y una placa de mandíbula ajustable garantizan la alta eficiencia y durabilidad del equipo, un buen efecto de limpieza y deshidratación, y estabilidad del producto de grano fino. (Nilemining, s.f.).



Ilustración 7: Tipo de lavadora tornillo
Fuente: Recuperado <http://es.nilemining.ltd>

2.2.12.2 Principio de funcionamiento de la lavadora de arena tipo tornillo

El principio de funcionamiento consiste en llenar la piscina de la zona de lavado, y simultáneamente bombear agua desde el tanque de almacenamiento mientras se efectúa la descarga de arena sin lavar desde la tolva hacia la parte superior de la piscina, de tal forma que las partículas más pequeñas sean removidas por el agua y desalojadas de la piscina por rebose hacia un tanque de decantación. Las partículas gruesas que se depositan en el fondo de la zona de lavado son arrastradas por un tornillo transportador dispuesto a lo largo de la artesa y elevado a un ángulo de 15° para que se produzca el desagüe de la arena. (Jiménez y Solís, 2013).

2.2.12.3 Partes de la lavadora de arena

A. Tornillos lavadores:

Los tornillos lavadores se encuentran disponibles en dos diseños básicos para diferentes funciones: Tornillos lavadores para material grueso y para material fino.

Los tornillos lavadores para material grueso se utilizan mucho para depurar grava, piedra y menas duras de tamaño nominal superior a 5 mm o malla 4 que contienen lodo o contaminantes de arcilla solubles en agua que no se pueden eliminar únicamente con una zaranda vibratoria de lavado en húmedo.

Los tornillos lavadores sin fin para material fino se utilizan mucho para lavar, desaguar y clasificar sólidos de tamaño nominal equivalente o inferior a 10 mm o 3/8". (McLanahan, s.f.).

B. Motor eléctrico:

Es un receptor que, al ser alimentado mediante una corriente eléctrica, produce un movimiento giratorio en su eje que, a través de los acoplamientos mecánicos adecuados, es aprovechado para efectuar diferentes trabajos en el sector industrial y doméstico como se observa en la ilustración 8.

Generalmente el funcionamiento y arranque de los motores eléctricos suele estar gestionado por sistemas de automatismo eléctrico, este es el motivo por el que debes conocer previamente cuales son los diferentes tipos de motores utilizados en la industria y como se conectan.



Ilustración 8: Motor eléctrico

Fuente: Martín y García "Automatismos Industriales"

C. Reductor de velocidades:

Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (ya sea eléctrico, de explosión u otro) como se observa en la ilustración 9, necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos).



Ilustración 9: Reductor de velocidad

Fuente: Recuperado <https://www.roydisa.es/archivos/3356>.

D. Bandas de transmisión:

Las transmisiones por medio de bandas planas o bandas UV como se observa en la ilustración 10, son de usos más frecuentes cuando la unidad de fuerza es un motor de combustión interna, aun cuando también se usan en motores eléctricos y tienen la ventaja de permitir cualquier ajuste que sea necesario entre la velocidad del motor y la velocidad de la bomba. Estas transmisiones son mono eficiente estimándose el 80% el coeficiente de transmisión de las bandas planas y del 85% en las bandas en UV.



Ilustración 10: Bandas de transmisión

Fuente: Blair "Manual de riegos y avenamiento"

E. Cojinetes de rodadura o rodamientos:

Están constituidos por dos anillos rodantes separados entre sí por unos cuerpos como se observa en la ilustración 11, también rodantes, interpuestos entre estos, cuya forma varía según su uso, pueden ser de diferentes formas: bolas, rodillos, cilíndricos, agujas, etc.

Los cojinetes de bolas oblicuos o acanaladuras de rodadura corrida una respecto a otra, por lo cual se producen sobre las bolas esfuerzo dirigidos oblicuamente pudiéndose absorber sobre ellos fuerzas radiales como axiales. La hermeticidad es necesaria, la vía

de rodadura y los cuerpos rodantes están amenazadas por la suciedad. Tienen que protegerse contra el ensuciamiento y mantener su calidad mediante la lubricación.



Ilustración 11: Rodamientos

Fuente: Schrock “Montaje ajuste y verificación de elementos de máquinas”

F. Tina de recepción de agregado:

La tolva es el elemento mecánico donde se inicia el sistema de lavado de arena, es decir, recepta la arena procedente de la cantera y la descarga en el tornillo sinfín como se observa en la ilustración 12. (Jiménez y Solís, 2013).

G. Chasis:

El chasis es la estructura que debe soportar todos los distintos elementos mecánicos y eléctricos que conforman el sistema de lavado de arena.

Para determinar el factor de seguridad se deben considerar las cargas provocadas por el peso de: la artesa, el tornillo sinfín, la arena, el agua y la tolva como se observa en la ilustración 12. (Jiménez y Solís, 2013).

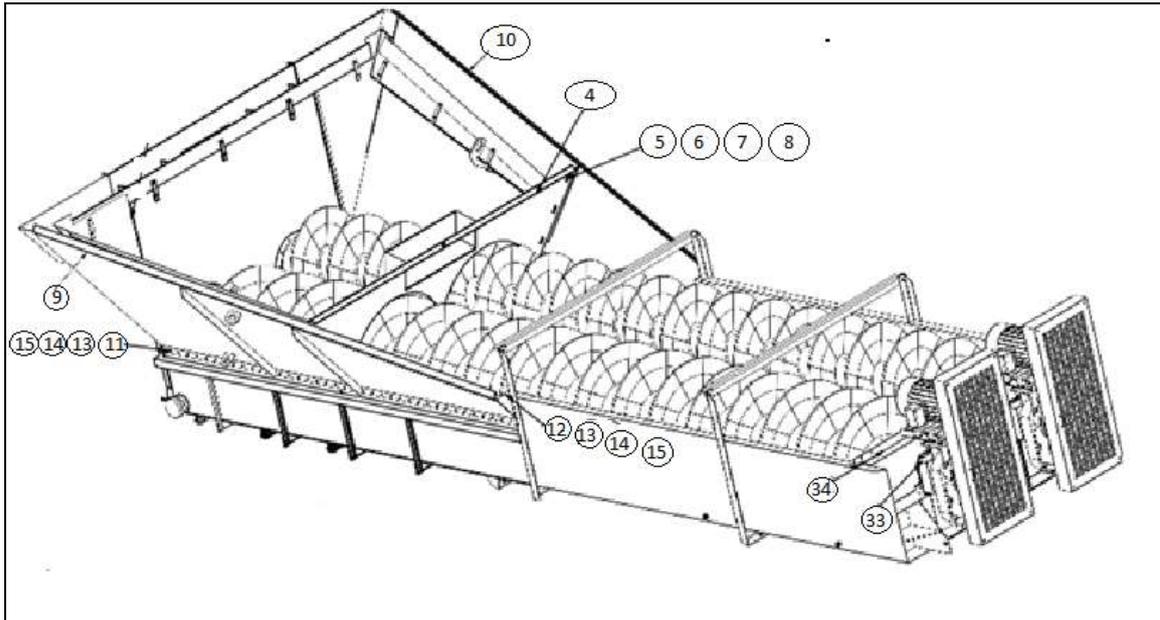


Ilustración 12: Lavadora de arena tipo tornillo.
Fuente: Manual MCLANAHAN (2014)

H. Segmentos de poliuretano:

Un bloque con segmentos duros y segmentos blandos parcialmente incompatibles entre sí y que dan lugar a micro fases como se observa en la ilustración 13, los segmentos blandos tienen cohesión débil mediante de fuerzas de Van der Waals, que les brindan elasticidad y flexibilidad y resistencias a bajas temperaturas. Por otro lado, los segmentos duros constan de una cohesión fuerte uniones químicas del tiempo puente hidrógenos que les otorga tenacidad, resistencia a los solventes y resistencia a altas temperaturas.



Ilustración 13: Segmento de poliuretano.
Fuente: Elaboración propia.

2.2.13 Poliuretano

Dato técnico:

Tabla 1.

Peso específico poliuretano

POLIURETANO ELASTÓMERO	UNIDAD	MEDIDA
Peso específico	gr/cm ³	53479

Fuente: Recuperado <https://www.inalcoa.net/catalogo/plasticos-2/plasticos-poliuretano/>

2.2.13.1 Propiedades mecánicas

A. Dureza y resiliencia.

La dureza de los Poliuretanos oscila entre 20 Shore A y 80 Shore D como se observa en la ilustración 14.

La escala D se utiliza para medir durezas superiores a 95 A.

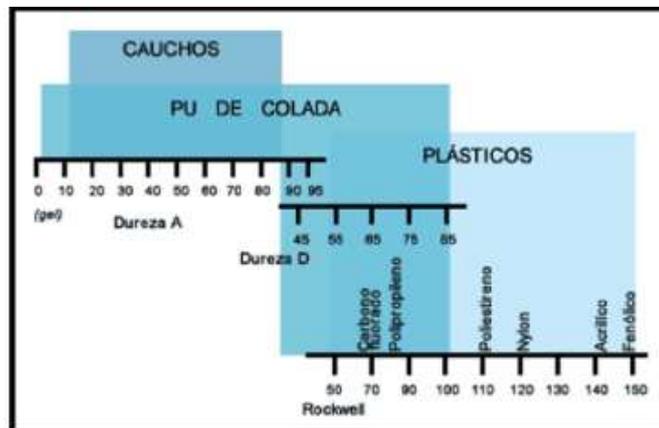


Ilustración 14: Escala dureza poliuretano

Fuente: Manual Fijuci

B. Resistencia a la abrasión.

La extraordinaria resistencia a la abrasión del poliuretano, como se observa en la ilustración 15, ha conducido a su utilización en muchas e importantes aplicaciones en las que un fuerte desgaste representa un problema.

La elección del poliuretano para estos usos finales se basa generalmente en ensayos de servicio real o de servicio simulado, ya que los ensayos de abrasión de laboratorio pueden ser engañosos.

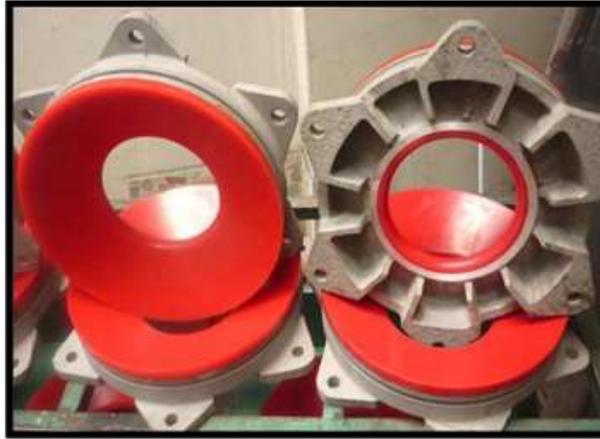


Ilustración 15: Resistencia abrasión poliuretano.
Fuente: Manual Fijuci.

C. Resistencia al impacto.

El PUR (Poliuretano) tiene una resistencia al impacto netamente superior a la de los plásticos estructurales.

Todas las composiciones normales de PUR, incluyendo los tipos de mayor dureza, exhiben una buena resistencia al impacto de baja temperatura y bajos puntos de fragilidad.

D. Propiedades bajo tensión y compresión.

El elastómero de poliuretano tiene una capacidad de carga muy superior a la de los elastómeros convencionales de dureza comparable según ilustración Nro.16.

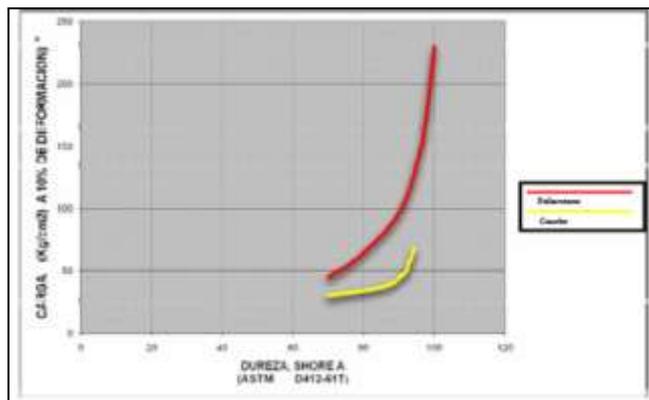


Ilustración 16: Características de compresión poliuretano.
Fuente: Manual Fijuci.

E. Propiedades bajo cizallamiento.

Como se esperaba de su alta capacidad de carga en tensión y en compresión, los Poliuretanos muestra también una fuerte capacidad de carga por cizallamiento como se observa en la ilustración Nro. 17.

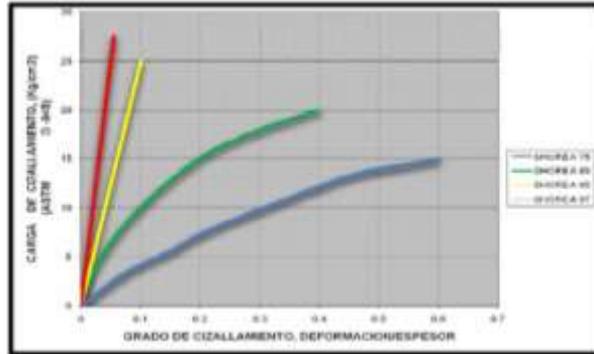


Ilustración 17: Propiedades de bajo cizallamiento.
Fuente: Manual Fijuci.

F. Coeficiente de fricción

Esta característica, junto con su superior resistencia a la abrasión y capacidad de carga, es una razón importante del porqué los Poliuretanos se están usando como revestimientos anti-desgaste de ingeniería.

La fórmula para calcular el coeficiente de fricción es: $Fr = \mu_e N$

Donde:

μ_e = coeficiente de rozamiento

N = fuerza

Los Poliuretanos sin lubricar tienen un bajo coeficiente de fricción que decrece rápidamente al aumentar la dureza como se observa en la ilustración 18.

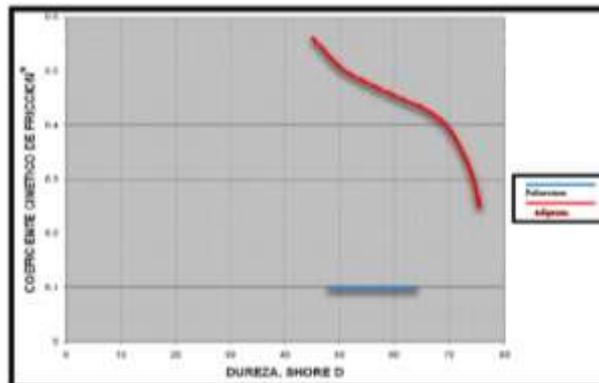


Ilustración 18: Coeficiente de fricción.
Fuente: Manual Fijuci.

2.2.13.2 Comportamiento frente a condiciones externas

A. Resistencia al frío.

Los Poliuretanos permanecen flexibles a bajas temperaturas y posee una resistencia extraordinaria a las variaciones térmicas.

Las composiciones normales no se vuelven frágiles a temperaturas por debajo de -62°C. Aunque la rigidez aumenta gradualmente cuando la temperatura desciende por debajo de 17°.

B. Resistencia al calor.

Los Poliuretanos pueden ser formulados para aplicaciones de servicio continuo a temperaturas de 93 a 121° C.

No es recomendable un uso intermitente del ELASTOFLEX por encima de 121° C y cada utilización prevista para 93° C, o más, deberá ser previamente valorada como se observa en la ilustración 19.

	Medidas a 24° C	Medidas a 100° C	Medidas a 121° C
Módulo a 100%, kg/cm ² (ASTM D412-81T)	68	54	54
Resistencia a la tracción, kg/cm ² (ASTM D412-81T)	280	196	105
Alargamiento a la rotura, % (ASTM D412-81T)	440	480	350
Dureza, Shore A (ASTM D676-59T)	89	88	88

Ilustración 19: Resistencia al calor.

Fuente: Manual Fijuci.

C. Resistencia al envejecimiento.

El paso del tiempo, en condiciones estáticas a temperatura ambiente, tiene muy poco efecto sobre las composiciones del Poliuretano correctamente formuladas.

La introducción de otros factores, sin embargo, puede acelerar la degradación.

Agentes químicos o fuerzas dinámicas actuando sobre un producto durante un periodo de tiempo pueden intensificar también el proceso de envejecimiento.

D. Resistencia a los aceites, productos químicos y disolventes

Los Poliuretanos presentan una excelente resistencia a los aceites y disolventes, lo que hace que sean particularmente adecuados para el servicio en aceites lubricantes o carburantes de automoción.

Los hidrocarburos aromáticos y los disolventes polares tienen un moderado efecto sobre los Poliuretanos como ejemplo las ilustraciones 20 y 21 anillos/sellos.



Ilustración 20: Presentación poliuretano.
Fuente: Manual Fijuci.



Ilustración 21: Presentación poliuretano.
Fuente: Manual Fijuci.

- Resistencia al agua.
- Resistencia a la intemperie y estabilidad
- Liberación De Gases.
- Resistencia a la llama.
- Resistencia al moho, hongos y microorganismos.
- Resistencia al oxígeno y al ozono.
- Resistencia a radiaciones.

2.2.13.3 Poliuretanos vs. Cauchos metales y plásticos

Tabla 2.

Poliuretano vs Cauchos metales y plásticos

Poliuretano	METALES	Los poliuretanos tienen menor peso, menor nivel de ruido, mayor rendimiento, mejor resistencia a la corrosión.
Poliuretano	CAUCHOS	Mayor resistencia a la abrasión, mayor resistencia al desgarramiento y corte, resistencia al ozono, y mayor gama de durezas.
Poliuretano	PLASTICOS	No es quebradizo, memoria elastomérica, resistencia a la abrasión.

Fuente: Manual Fijuci.

2.2.13.4 Aplicaciones revestimientos

A. Revestimiento de piezas elastómeros de poliuretano:

Los productos fabricados en poliuretano se caracterizan por gran capacidad de carga, dureza y resistencia a la abrasión y al impacto como ejemplo la ilustración 22.

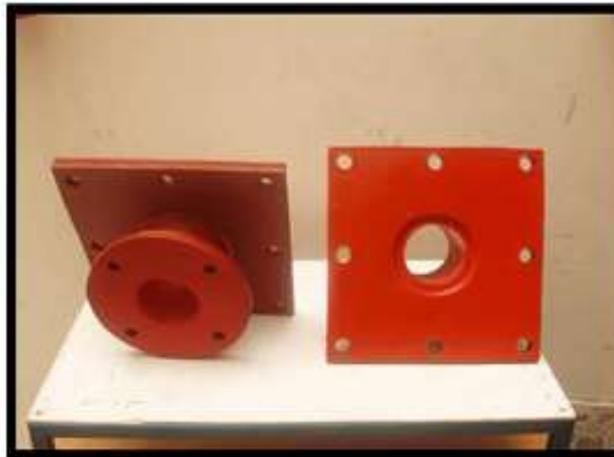


Ilustración 22: Elastómero poliuretano.

Fuente: Manual Fijuci.

B. Revestimiento de tuberías

Servicio de revestimiento de tuberías con elastómero de poliuretano, brindan mayor tiempo de vida útil a tuberías SCHEDULE hasta 10 veces más comparando aquellas que no están revestidas como ejemplo la ilustración 23.



Ilustración 23: Tuberías poliuretano.
Fuente: Manual Fijuci.

C. Otros revestimientos

Revestimiento de chutes de carga y descarga, tolvas, silos, al caliente y al frío. Trabajos in situ. Revestimientos en caucho y en poliuretano como ejemplo dado en la ilustración 24.



Ilustración 24: Revestimientos poliuretano.
Fuente: Manual Fijuci.

D. Mallas para el proceso de cribado

Se fabrica mallas para diversos tipos de zaranda en Elastómero de poliuretano, de acuerdo con las condiciones de operación en los que se desarrollan como se observa en la ilustración 25 y 26.

Así mismo, se realizan pruebas de laboratorio para verificar que tipo de material se está utilizando y mejorar la calidad de tal producto.



Ilustración 25: Mallas poliuretano.
Fuente: Manual Fijuci.

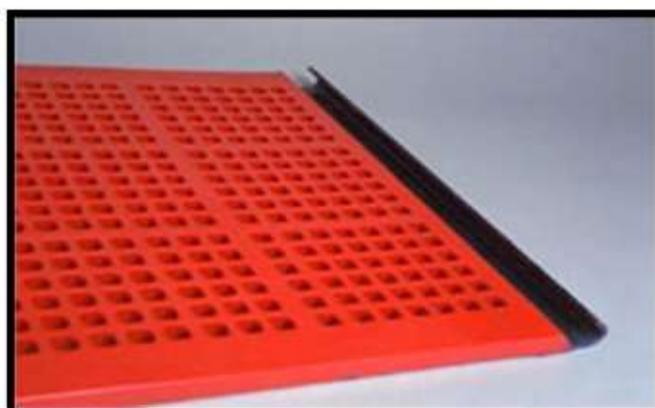


Ilustración 26: Mallas poliuretano.
Fuente: Manual Fijuci.

E. Aplicaciones varias

El poliuretano es empleado en diversas industrias, entre los productos que se pueden obtener de dicho material son:



Ilustración 27: Varias aplicaciones poliuretano.
Fuente: Manual Fijuci.

En conclusión, los poliuretanos:

- Son diseñados especialmente para la resistencia al desgaste y la abrasión.
- Cada producto se acomoda según el problema que se presente en la industria,
- No presentan limitación en su campo de aplicación.

2.2.13.5 Norma Técnica Peruana NTP 400.037

El agregado fino consiste en arena natural, arena manufacturada o una combinación de ellas.

Tabla 3.

Gradación

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8 in.)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 MM (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	05 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

Fuente: Manual Fijuci.

Concretos elaborados con agregado fino con deficiencias en los tamices 300 µm (N°50) y 150 µm (N°100) algunas veces presentan dificultades en la trabajabilidad,

bombeo o excesiva exudación; la deficiencia de finos puede ser subsanada con cemento adicional.

Las adiciones minerales o aditivos.

El agregado fino no tendrá más de 45% entre dos mallas consecutivas de las que se muestra en el apartado 5.1 y su módulo de fineza no será menor de 2,3 ni mayor de 3,1.

Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá concreto de la resistencia requerida a satisfacción de las partes.

En una cantera determinada el módulo de fineza base no debe variar en más de 0,20, siendo este el valor típico de la cantera. La aprobación de un cambio en el módulo de fineza deberá ser a satisfacción de las partes.

NOTA: El módulo de fineza deberá ser determinado de ensayos previos, si no existieran éstos, se obtendrá del promedio de los módulos de fineza de las primeras diez muestras (o de todas las muestras precedentes si fueran menos de diez). La dosificación de una mezcla de concreto puede depender del módulo de fineza base. Por lo tanto, cuando exista un módulo de fineza considerablemente diferente del utilizado inicialmente, se deberá realizar un ajuste en la dosificación.

Sustancias deletéreas

La cantidad de sustancias deletéreas del agregado fino no deberá exceder de los límites establecidos.

Impurezas Orgánicas:

El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. Los agregados sujetos a la prueba de impurezas orgánicas que produzcan un color más oscuro que el estándar deberán ser desechados.

El uso de un agregado fino que no cumpla con esta prueba será permitido, si se comprueba que la coloración es debida principalmente a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas similares.

Tabla 4.*Ensayos*

Ensayo	Porcentaje de total de la muestra (máx)
Terrones de arcilla y partículas friables.	3,0
Material más fino que la malla normalizada 75 µm (No. 200): Concreto sujeto a abrasión	3,0A
Otros concretos.	5,0A
Carbón y lignito:	0,5
Cuando la apariencia de la superficie del concreto es importante.	1,0
Otros concretos.	
Impurezas orgánicas.	El agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica, cuando se determine conforme NTP 400.013, se deberá considerar satisfactorio. El agregado fino que no cumple con el ensayo anterior podrá ser utilizado si al determinarse el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia de morteros (NTP 400.024) la resistencia relativa a los 7 días no es menor del 95 %

En el caso de arena manufacturada los porcentajes de material más fino que la malla normalizada 75µm (No. 200) pueden aumentarse a 5,0 % y 7 % respectivamente, siempre que estén libres de arcillas o limos. Para la caracterización de esos finos, existen diversos métodos disponibles, dentro de ellos el de Equivalente de Arena de la norma ASTM D 2419

Fuente: Manual Fijuci

El uso de un agregado fino que no cumpla con la prueba colorimétrica podrá ser utilizado cuando se compruebe el efecto de impurezas orgánicas en la resistencia del mortero, la resistencia relativa a la edad de 07 días no deberá ser menor del 95 %, de acuerdo con lo estipulado en la NTP 400.024.

El agregado fino utilizado en concretos sujetos permanentemente a la acción de la humedad o contacto con suelos húmedos no deberá ser reactivo (sílice amorfa) ya que se combinaría químicamente con los álcalis de cemento, por cuanto se produciría expansiones excesivas en el concreto.

En caso de estar presentes tales sustancias, el agregado fino podrá ser utilizado con cementos que tengan menos de 0,6% de álcalis, calculados como óxidos de sodio

($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{ K}_2\text{O}$), o con el añadido de un material que prevenga la expansión dañina debido a la reacción álcali –agregado.

Inalterabilidad

El agregado a usarse en concreto, que va a estar sujeto a problemas de congelación y deshielo, deberá cumplir además de los requisitos generales, el requisito de resistencia a la desintegración por medio de ataque de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, la pérdida promedio de masa después de cinco ciclos no deberá exceder los valores de la Tabla.

Tabla 5.

Límites permisibles en pérdida por ataque de sulfatos

Agregado Fino	
Si utiliza solución de sulfato de sodio 10%	Si utiliza solución de sulfato de magnesio 15%

Fuente: Manual Fijuci

Se permitirá el uso de agregado fino que no cumpla con los límites establecidos en la Tabla 3, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la resistencia requerida a satisfacción de las partes.

Agregado grueso

Características generales:

El agregado grueso consistirá en grava, piedra chancada, concreto reciclado, o la combinación de ellos, conforme a los requisitos de esta norma.

NOTA: El agregado grueso reciclado puede necesitar precauciones adicionales, sobre todo en zonas donde existe el fenómeno de congelación y deshielo u otros agentes agresivos como sulfatos, cloruros o materia orgánica.

Gradación

Análisis granulométrico: El agregado grueso deberá cumplir con los requisitos de la Tabla según los usos especificados.

NOTA: Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá concreto de la resistencia requerida a satisfacción de las partes. Cuando el agregado grueso

corresponda a los usos 357 o 467 estos deberán ser despachados en por lo menos dos tamaños diferentes.

Sustancias deletéreas

El agregado grueso deberá cumplir con los requisitos de la Tabla.

El agregado grueso utilizado en concretos sujetos permanentemente a la acción de la humedad o contacto con suelos húmedos no deberá ser reactivo (sílice amorfa) ya que se combinaría químicamente con los álcalis de cemento, por cuanto se produciría expansiones excesivas en el concreto.

En caso de estar presentes tales sustancias, el agregado grueso puede ser utilizado con cementos que tengan menos de 0,6 % de álcalis, calculados como óxidos de sodio ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$), o con el añadido de un material que prevenga la expansión dañina debido a la reacción álcali –agregado.

Tabla 6.

Limites para sustancias deletéreas en el agregado grueso

ENSAYO	PORCENTAJE DEL TOTAL DE LA MUESTRA (MÁX)
Terrones de arcilla y partículas friables	5,0
Material más fino que la malla normalizada 75 μm (N° 200)	1,0A
Horsteno (menos de 2.40 de densidad)	5,0B
Carbón y lignito:	0,5
Cuando la apariencia de la superficie del concreto es importante.	1,0
Otros concretos	
A Este porcentaje podrá ser aumentado a 1,5% si el material esta esencialmente libre de limos y arcillas.	
B Solo en casos de intemperización moderada (concreto en servicio a la intemperie continuamente expuesto a congelación y deshielo en presencia de humedad)	

Fuente: Manual Fijuci

Se permitirá el uso de agregado grueso que no cumpla con los límites establecidos en la Tabla, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá concreto de la resistencia requerida a satisfacción de las partes.

Inalterabilidad

El agregado a usarse en concreto, que va a estar sujeto a problemas de congelación y deshielo, deberá cumplir además de los requisitos obligatorios, el requisito de resistencia a la desintegración por medio de ataque de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, la pérdida promedio de masa después de cinco ciclos no deberá exceder los valores de la Tabla.

Tabla 7.

Límites permitidos en pérdida por ataque de sulfatos

Agregado Grueso	
Si utiliza solución de sulfato de sodio	Si utiliza solución de sulfato de magnesio
12%	18%

Fuente: Manual Fijuci.

Se permitirá el uso de agregado grueso que no cumpla con los límites establecidos en la Tabla, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá concreto de la resistencia requerida a satisfacción de las partes.

Índice de espesor y resistencia mecánica

El agregado grueso utilizado en concretos de pavimentos y en estructuras de 280 kg/cm²o más deberá cumplir con los valores especificados siguientes:

- Resistencia mecánica: Las resistencias mecánicas del agregado grueso serán conforme a lo establecido en la Tabla y se determinarán con las normas técnicas peruanas que se mencionaron.
- Índice de espesor: El índice de espesor del agregado grueso no será mayor de 50 en el caso de agregado natural y de 35 para grava triturada.

Tabla 8.

Resistencias mecánicas de los agregados gruesos

Métodos alternativos	No mayor que
Abrasión (Método los ángeles)	50%
Valor de impacto del agregado (VIA)	30%

Fuente: Manual Fijuci.

2.2.14 Disponibilidad y Confiabilidad

2.2.14.1 Disponibilidad inherente

“La disponibilidad, es la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente.” (Mesa, Ortiz y Pinzón, 2006, p. 157).

La ecuación para determinar la disponibilidad es:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

En donde:

MTBF: Mean Time Between Failures, o tiempo medio entre fallos; el cual se obtiene de la siguiente ecuación:

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

MTTR: Mean Time To Repair o Tiempo Medio de Mantenimiento Correctivo; el cual se obtiene de la siguiente ecuación:

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ de horas totales por mantenimiento o avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

2.2.15 Confiabilidad

La teoría de la confiabilidad tiene que ver casi en todo el proceso del producto desde el diseño, control del proceso y manufactura hasta el uso apropiado y mantenimiento durante su fase de operación. (Salazar, Fitz, López y Rojano, 2017)

2.2.15.1 Confiabilidad exponencial

Cuando la tasa de fallos forme parte de la constante, se debe aplicar la ecuación de tipo exponencial. (Tomborero, 1994).

La confiabilidad se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \text{ ó } R(t) = \exp(-\lambda t)$$

En donde:

R(t): Confiabilidad de un equipo en un tiempo “t” dado

e: constante neperiana (2.71828)

λ : Tasa de fallas (número total de fallas por período de operación)

t: tiempo

Para hallar la tasa de fallas, se debe aplicar la siguiente ecuación (Tomborero, 1994):

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

En donde:

MTBF: Mean Time Between Failures, o tiempo medio entre fallos.

2.2.15.2 Confiabilidad de weibull

La función de confiabilidad de Weibull inicia en 1 o 100%, ya que, al iniciar las operaciones, los equipos se encuentran en buenas condiciones, sin embargo, conforme pasa el tiempo, la confiabilidad se va reduciendo. (Salazar et. al., 2017).

La confiabilidad en base a la distribución de Weibull, se calcula de la siguiente manera:

$$R(T) = e^{-\left(\frac{T-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

En donde:

e = Constante neperiana

T = tiempo

γ = gama, parámetro de forma en que la curva cambia de forma (por lo general es 0 'cero')

η = eta, características de vida; $\eta = \exp(\text{punto de intercepción en la ordenada/pendiente de la recta})$

β = beta, parámetro de forma; es la pendiente de la recta.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

a) Proceso: "Serie de operaciones de fabricación con el resultado de unos productos finales concretos". (Degarmo, Black, y Kohser, 1994, p. 13).

Es una secuencia de pasos que tienen que seguir un orden para lograr algo en específico.

b) Operatividad: Capacidad de que un equipo o maquina cumpla su función para la cual fue diseñada. (Cuatrecasas, 2012).

Que algo esté funcionando para lo que fue fabricado y/o diseñado.

c) Repuesto: Es una pieza que sirve para sustituir a otra defectuosa (Sección española, 2018).

Pieza o parte de un todo que se cambia porque la pieza original se ha malogrado o desgastado, el cambio es necesario para el correcto funcionamiento.

- d) Disponibilidad: "Mantener los equipos en correcto estado operativo, para lo que fue diseñado". (Gómez, 1998, p. 24).
- e) Arena: Es el agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas.
- f) Agregado fino: Es el agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y queda retenido en el tamiz normalizado 74 μm (N°200); deberá cumplir con los límites establecidos en la presente norma.
- g) Agregado grueso: Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca, y que cumple con los límites establecidos en la presente Norma.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 MÉTODO Y ALCANCE DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene alcance descriptivo, este tipo de alcance se centra en detallar las propiedades, características, de personas, objetos o procesos, es decir, recopila información sobre las que se está estudiando. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Por lo tanto, para corroborar que los segmentos reducen el costo de mantenimiento se inspeccionó el desgaste que sufren los segmentos de poliuretano a lo largo del proceso de producción, con el fin de determinar el tipo de segmento que resulta de mayor eficiencia.

3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es Experimental, la investigación se ubica dentro de la categoría del “preexperimento de preprueba/posprueba”, esto consiste en detallar los datos antes y después de aplicarle algún cambio o estímulo (Hernández et. al., 2014); y en el trabajo de investigación se realizó las mediciones del desgaste del segmento de poliuretano antes y después de realizar el cambio de dicho segmento.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población

La población estará definida por la totalidad de segmentos de poliuretano que conforman la lavadora de arena, el cual asciende a 400 segmentos.

3.3.2 Muestra

Para obtener el muestreo probabilístico, es necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2(p \cdot q)}{e^2 + \frac{z^2(p \cdot q)}{N}}$$

- n= Tamaño de la muestra
- Z= Nivel de confianza deseado
- p= Proporción de la población con la característica deseada (éxito)
- q= Proporción de la población sin la característica deseada (fracaso)
- e= Nivel de error dispuesto a cometer
- N= Tamaño de la población

Sin embargo, debido a limitaciones de tiempo, solo se puede medir 30 segmentos de poliuretano, por lo cual, el muestreo será de tipo ‘no probabilístico’, ya que no se realizará ninguna fórmula para obtener el muestreo.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para recolectar la información necesaria, fue necesario las siguientes técnicas e instrumentos:

Tabla 9.

Técnicas e instrumentos

	Variable independiente	Variable dependiente
Técnicas	- Análisis bibliográfico	- Observación experimental - Análisis estadístico
Instrumentos	- Ficha bibliográfica	- Ficha de observación - SPSS V. 25

Fuente: Elaboración propia

3.5 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Las variables de investigación se clasifican en:

- Variable independiente.
- Variable dependiente.

Así mismo, las variables serán estudiadas mediante las dimensiones, es decir, las variables se pueden medir porque tienen dimensiones, y las mediciones se realizan a través de sus indicadores. (Supo, 2020).

Entonces, las dimensiones detallan el comportamiento de las variables de estudio, por lo que son conocidas como subvariables; y los indicadores son la cuantificación de las

dimensiones, es decir, la manera en que se van a medir las dimensiones de la variable. (Soto, 2018).

Las variables de investigación se denotan en la siguiente tabla:

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
Independiente	Segmentos de poliuretano	Tipos de segmentos de poliuretano	<ul style="list-style-type: none"> - Peso del segmento de poliuretano - Medida del segmento de poliuretano - Cantidad de cambios de segmento al año - Costo anual por cambio del segmento de poliuretano
Dependiente	Costo de mantenimiento	Costo mantenimiento lavadora	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad - Confiabilidad

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Este capítulo abarcará la metodología de diseño, que debe ser empleado como una guía para la selección o implementación o adoptar la mejora del segmento, ya que, no se está diseñando el nuevo segmento de poliuretano.

4.1 DETALLE DEL PROCESO DE LAVADO DE ARENA

El lavado de arena inicia con el traslado del material mediante el cargador frontal.



Ilustración 28: Cargador frontal.
Fuente: Empresa de agregados.

Luego el cargador frontal abastece de material a la tolva de alimentación.



Ilustración 29: Tolva de alimentación.
Fuente: Empresa de agregados.

Con la tolva de alimentación abastecida, el material es trasladado al siguiente proceso mediante la faja de alimentación.



Ilustración 30: Faja de alimentación.
Fuente: Empresa de agregados.

El material es trasladado hacia la tina de lavado, en donde se encuentra los tornillos que están compuestos segmentos de poliuretano los cuales se encargan de lavar y trasladar la arena hacia la faja de salida.



Ilustración 31: Tina de lavado.
Fuente: Empresa de agregados.

La faja de salida se encarga de trasladar el material que ya ha sido lavado, el material se va acumulando para luego ser recogido por el cargador frontal y ser trasladado hacia la unidad que lo requiera.



Ilustración 32: Faja de salida.
Fuente: Empresa de agregados.



Ilustración 33: Material lavado.
Fuente: Empresa de agregados.

A. Secuencia de Operaciones



Ilustración 34: Secuencia de operaciones.

Fuente: Elaboración propia.

B. Caja Negra



Ilustración 35: Caja negra.

Fuente: Elaboración propia.

C. Caja Gris

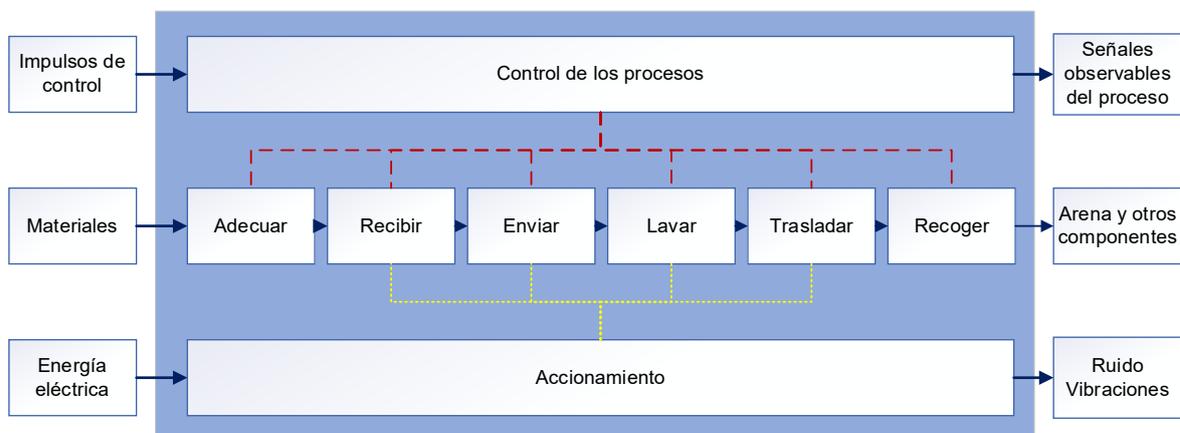


Ilustración 36: Caja gris.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

4.2.1 Requisitos Funcionales

- Cada tornillo de la lavadora tendrá 200 segmentos de poliuretano.
- Los Segmentos deben ser reemplazados cuando lleguen a los 10 mm de medida.
- La potencia del motor debe ser de 18.5 kw y los tornillos giraran a una velocidad de 1647 revoluciones por minuto.
- El material será transportado por el cargador frontal hacia la tolva de alimentación.
- La faja de alimentación trasladará el material hacia la fosa de lavado.
- Las impurezas serán trasladadas a la poza de sedimentación.
- El material lavado será trasladado por la faja de salida hacia la zona de recojo.

4.2.2 Requisitos No funcionales

- El peso retenido del material después del lavado por la malla $N^{\circ}200$, debe ser inferior al 5%.
- La máquina debe procesar 50 cubos de material lavado por hora.
- La lavadora estará disponible durante el turno diario (10 horas al día).
- Los segmentos de poliuretano incrementan la producción de material lavado en 15 cubos por hora.
- El material lavado debe secar por 4 horas.

4.2.3 Lista de exigencias

Tabla 10.

Lista de exigencias

Lista de exigencias			Página:
Fecha	Deseo o exigencia	Descripción	Responsable
10/01/2020	E	FUNCIÓN PRINCIPAL: Cambiar el segmento de poliuretano de la lavadora de arena por uno de tipo engranaje para reducir el costo de mantenimiento.	Oscar Monroy Salazar
10/01/2020	E	GEOMETRÍA: El segmento de poliuretano debe ser en alto relieve, y cada relieve debe estar ubicada de forma paralela.	Oscar Monroy Salazar
10/01/2020	E	CINEMÁTICA: Los segmentos de poliuretano giran acorde a los tornillos, uno en sentido horario y otro antihorario, la velocidad 1647 rpm	Oscar Monroy Salazar
10/01/2020	E	ENERGÍA: La potencia 18.5 kw	Oscar Monroy Salazar
10/01/2020	D	MATERIAL: se utilizará el poliuretano para los segmentos, cada segmento debe pesar 1.780 kg	Oscar Monroy Salazar
10/01/2020	E	FABRICACIÓN: El poliuretano será elaborado en moldes hechos a la necesidad requerida	Oscar Monroy Salazar
10/01/2020	E	MONTAJE: Se compran los segmentos de poliuretano con el nuevo diseño según plano, se programa la parada de la lavadora y se procede al cambio.	Oscar Monroy Salazar
10/01/2020	E	MANTENIMIENTO: El mantenimiento correctivo respecto al cambio de segmentos se realizará cuando el segmento llegue a los 10 mm.	Oscar Monroy Salazar
10/01/2020	D	USO: Se revisará semanalmente el desgaste de los segmentos de poliuretano.	Oscar Monroy Salazar
10/01/2020	D	COSTOS: Se pretende incrementar la vida útil del segmento de poliuretano para reducir el costo de mantenimiento correctivo de la lavadora de arena (cambio de segmentos).	Oscar Monroy Salazar

Fuente: Elaboración propia.

4.3 ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN

4.3.1 Matriz morfológica

MEJORA DE DISEÑO DE SEGMENTOS DE POLIURETANO PARA UNA LAVADORA DE ARENA MCLANAHAN PARA REDUCIR EL COSTO DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA DE AGREGADOS, AREQUIPA 2019		
FUNCIONES	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	
	1	2
1. Adecuar el material	<p>Cargador Frontal</p> 	
2. Abastecer material	<p>Tolva de alimentación</p> 	
3. Enviar al proceso de lavado	<p>Faja de alimentación</p> 	
4. Lavar del material	<p>Tina de lavado con segmentos normales</p> 	<p>Tina de lavado con segmentos tipo engranaje</p> 

Ilustración 37: Matriz morfológica.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.1 Viabilidad de las propuestas

- Alternativa 1: Esta alternativa emplea el segmento de poliuretano normal, el cual tiene una producción de 35 cubos por hora, el peso de cada segmento es de 1768 gr., y su medida para el lavado de arena es de 50 mm que deben ser reemplazados cuando lleguen a la medida mínima de 10 mm, sin embargo, el tiempo promedio de su vida útil es de 3 meses.

- Alternativa 2: Esta alternativa de solución emplea el nuevo diseño de poliuretano, el cual tiene una producción de 50 cubos por hora, además el peso de cada segmento es de 1780 gr., la medida para realizar el lavado de área es de 50 mm y también debe ser reemplazada cuando llegue a 10 mm; la vida útil de este segmento es de 7 meses.

4.3.2 Análisis Técnico y Económico

Para que un proyecto sea aceptable, debe tener como mínimo la calificación de 0.5 en los análisis económico y financiero.

A los criterios de evaluación se le otorga un peso conforme al nivel de importancia dentro del proyecto, cada criterio es evaluado conforme a una escala de puntajes que van del 0 al 4, en donde 0 significa que no cumple con el criterio y 4 significa que cumple sin complicaciones con el criterio propuesto.

4.3.2.1 Análisis Técnico

Tabla 11.

Evaluación Técnica

EVALUACIÓN TÉCNICA						
Criterios de Evaluación para diseños en fase de proyectos						
G: Peso ponderado según la importancia de cada criterio						
P: 'puntaje de 0 a 4' (escala de valoración según VDI 2225)						
0 = Insuficiente, 1 = Regular, 2 = Bueno, 3 = Muy bueno, 4 = Excelente						
N°	VARIABLES Criterios de evaluación	G	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2	
			P	P.G.	P	P.G.
1	Buen uso de la energía	4	4	16	4	16
2	Seguridad	2	4	8	4	8
3	Manipulación	2	4	8	4	8
4	Confiabilidad	4	4	16	4	16
5	Fabricación	4	4	16	4	16
6	Mantenimiento	4	2	8	4	16
7	Montaje	2	4	8	4	8
8	Diseño	2	3	6	3	6
9	Tiempo	4	2	8	4	16
10	Ergonomía	2	3	6	3	6
	Puntaje total	30	34	100	38	116
	Valor técnico xi			0.83		0.97

Fuente: Elaboración propia

- 1) Buen uso de la energía: la valoración o peso para este ítem es de 4, en donde la alternativa 1 se le calificó con el puntaje de 4 y la alternativa 4 se le calificó con el puntaje de 4; no existen diferencias en cuanto a la energía empleada por cada segmento, ya que ambos trabajan con el mismo tipo de motor y con la misma infraestructura.
- 2) Seguridad y Manipulación: la valoración o peso para cada ítem es de 2, en donde la alternativa 1 y 2 obtuvieron un puntaje de 4 para cada criterio; no existen diferencias ya que los segmentos de poliuretano no son operados directamente por el personal.
- 3) Confiabilidad: la valoración o peso para este ítem es de 4, en donde la alternativa 1 se le calificó con el puntaje de 4 y la alternativa 2 se le calificó con el puntaje de 4; no existen diferencias ya que el material lavado para ambas alternativas cumple con los criterios exigidos por la empresa de agregados (ver anexo 11 y 12).
- 4) Fabricación: la valoración o peso para este ítem es de 4, en donde la alternativa 1 se le calificó con el puntaje de 4 y la alternativa 2 se le calificó con el puntaje de 4; el puntaje otorgado es el mismo ya que la fabricación está a cargo de un tercero (proveedor).
- 5) Mantenimiento: la valoración o peso para este ítem es de 4, en donde la alternativa 1 se le calificó con el puntaje de 2 y la alternativa 2 se le calificó con el puntaje de 4; la segunda alternativa obtiene mayor puntaje debido a que los segmentos de poliuretano tienen mayor duración, por lo cual, el cambio de estas piezas se dará en un mayor plazo.
- 6) Montaje: la valoración o peso para este ítem es de 2, en donde la alternativa 1 se le calificó con el puntaje de 4 y la alternativa 2 se le calificó con el puntaje de 4; no existen diferencias ya que ambos segmentos son montados en la maquinaria bajo el mismo procedimiento.
- 7) Diseño: la valoración o peso para este ítem es de 2, en donde la alternativa 1 y 2 obtuvieron un puntaje de 3, obtienen igual puntaje ya que ambos diseños son del proveedor.
- 8) Tiempo: la valoración o peso para este ítem es de 4, en donde la alternativa 1 se le calificó con el puntaje de 2 y la alternativa 2 se le calificó con el puntaje de 4; la diferencia se debe a que el segmento de poliuretano tiene una duración promedio de 7 meses y la alternativa 1 se desgasta en 3 meses.

- 9) Ergonomía: Ambas alternativas tienen el mismo puntaje en este criterio, porque ambas tienen que encajar en los tornillos de la lavadora.

4.3.2.2 Análisis Económico

Tabla 12.

Evaluación económica

EVALUACIÓN ECONÓMICA						
Criterios de Evaluación para diseños en fase de proyectos						
G: Peso ponderado según la importancia de cada criterio						
P: 'puntaje de 0 a 4' (escala de valoración según VDI 2225)						
0 = Insuficiente, 1 = Regular, 2 = Bueno, 3 = Muy bueno, 4 = Excelente						
N°	VARIABLES Criterios de evaluación	G	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2	
			P	P.G.	P	P.G.
1	Fácil adquisición de materiales	4	4	16	4	16
2	Productividad	4	2	8	4	16
3	Costo de mantenimiento	4	2	8	4	16
4	Mano de obra	2	3	6	3	6
5	Costo montaje	4	2	8	4	16
Puntaje total		18	13	46	19	70
Valor económico yi			0.64		0.97	

Fuente: Elaboración propia

- 1) Fácil adquisición de materiales: la valoración o peso para este ítem es de 4, en donde la alternativa 1 se le calificó con el puntaje de 4 y la alternativa 2 se le calificó con el puntaje de 4; no existe diferencias ya que ambas piezas son provistas por un tercero.
- 2) Productividad: la valoración o peso para este ítem es de 4, en donde la alternativa 1 se le calificó con el puntaje de 2 y la alternativa 2 se le calificó con el puntaje de 4; la segunda alternativa obtiene mayor puntaje debido a que la producción de material lavado se ve incrementado segmento de poliuretano de la alternativa 2.
- 3) Costo de mantenimiento: la valoración o peso para este ítem es de 4, en donde la alternativa 1 se le calificó con el puntaje de 2 y la alternativa 2 se le calificó con el puntaje de 4; la segunda opción se le otorgo mayor puntaje porque el cambio de los segmentos de poliuretano se da en un mayor plazo,

es decir, la segunda opción los segmentos duran alrededor de 7 meses y en la primera opción duran 3 meses.

- 4) Mano de obra: la valoración o peso para este ítem es de 2, en donde la alternativa 1 se le calificó con el puntaje de 3 y la alternativa 2 se le calificó con el puntaje de 3; tienen el mismo puntaje porque ambas opciones requieren la misma cantidad de operarios tanto para realizar el lavado de los materiales como para realizar el cambio de los segmentos.
- 5) Costo montaje: la valoración o peso para este ítem es de 4, en donde la alternativa 1 se le calificó con el puntaje de 2 y la alternativa 2 se le calificó con el puntaje de 4; cabe resaltar que ambas opciones requieren la misma cantidad de operarios para realizar el cambio de los segmentos, sin embargo, en la alternativa 2 incurrirá en un promedio de dos cambios de segmento de poliuretano por año y en la alternativa 1 un promedio de 4 cambios por año, lo que significa en un mayor costo de montaje para la alternativa 1.

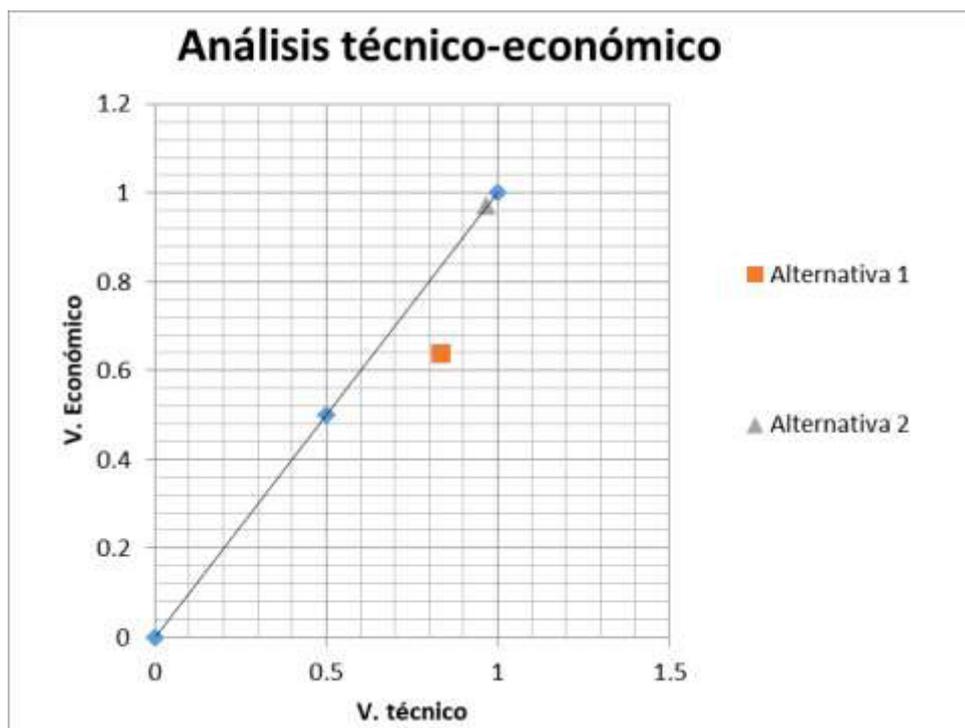


Ilustración 38: Grafico de la Evaluación técnica y económica.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 11, 12 y en la ilustración 38, se evidencia que:

- El valor técnico para la alternativa 1 es de 0.83 y para la alternativa 2 es de 0.97.

- El valor económico para la alternativa 1 es de 0.64 y para la alternativa 2 es de 0.97.

Con los valores anteriores, la mejor alternativa es la segunda (segmento de poliuretano tipo engranaje).

4.4 DISEÑO

La lavadora de arena está compuesta de 400 segmentos de poliuretano, los cuales están alrededor de dos tornillos; estos segmentos están encargados de lavar el material para que pueda ser empleado por la empresa de agregados.

4.4.1 Segmento de poliuretano normal

Es el segmento con el cual trabajaba la máquina, entre algunas de sus características son:

- Tiene una medida de 340 mm.
- El peso de cada segmento es de 1768 gr.
- Tiene 2 perforaciones por donde se colocan los pernos y sean fijados a cada tornillo.
- Los 50 mm de la parte superior sobresalen en 14 mm.

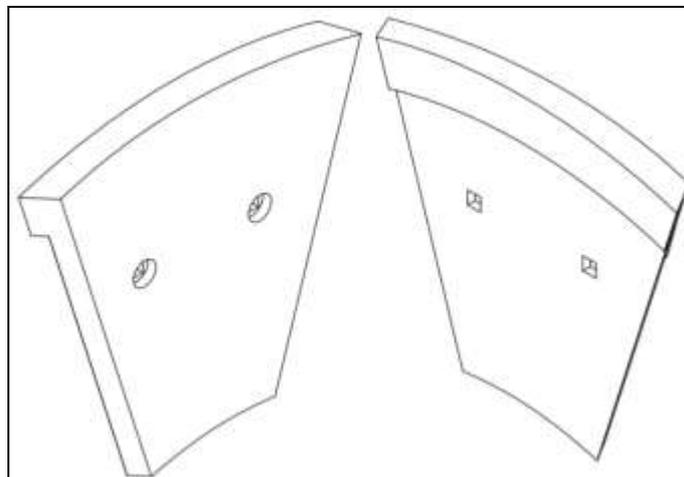


Ilustración 39: Vista isométrica del segmento de poliuretano normal.
Fuente: Empresa de agregados.

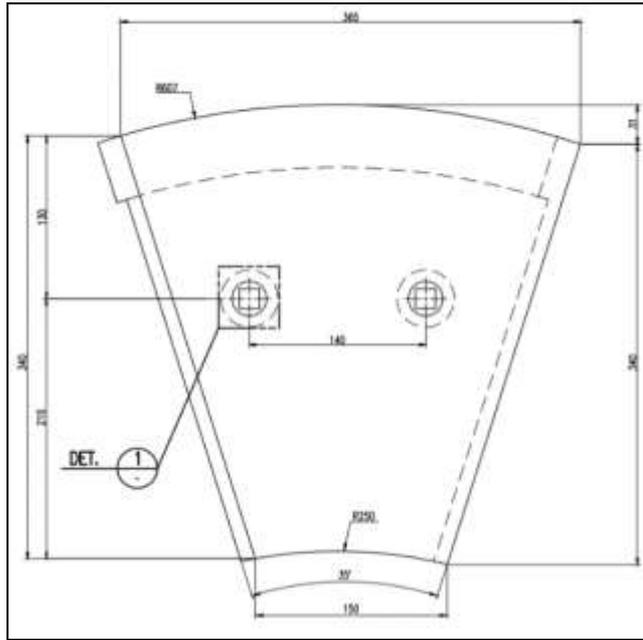


Ilustración 40: Vista frontal del segmento de poliuretano normal.
Fuente: Empresa de agregados.

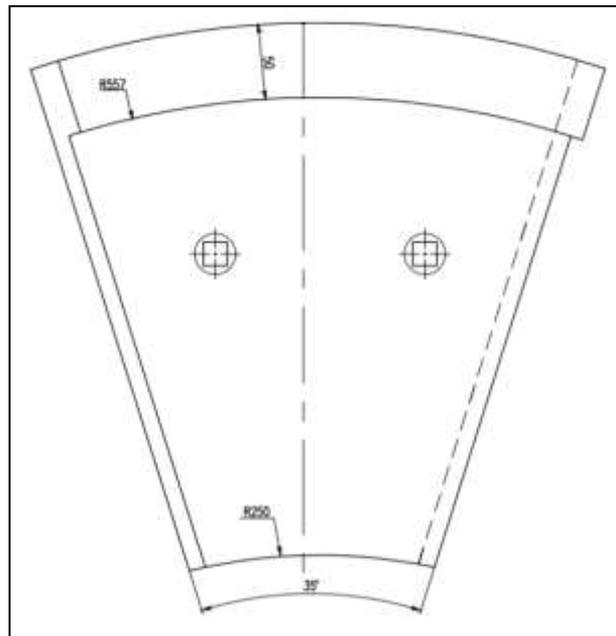


Ilustración 41: Vista posterior del segmento de poliuretano normal.
Fuente: Empresa de agregados.

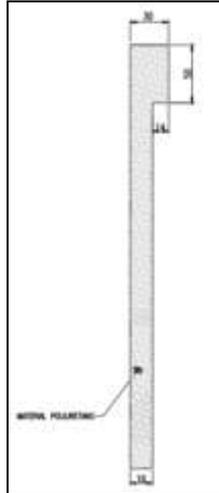


Ilustración 42: Vista lateral del segmento de poliuretano normal.

Fuente: Empresa de agregados

4.4.2 Segmento de poliuretano tipo engranaje

Este segmento de poliuretano se caracteriza por tener ubicado paralelamente 7 barras de 120 mm y 20 mm de grosor, los cuales están en la parte superior del segmento; asimismo, el peso de cada segmento es de 1780 gr, tiene una altura de 261 mm.

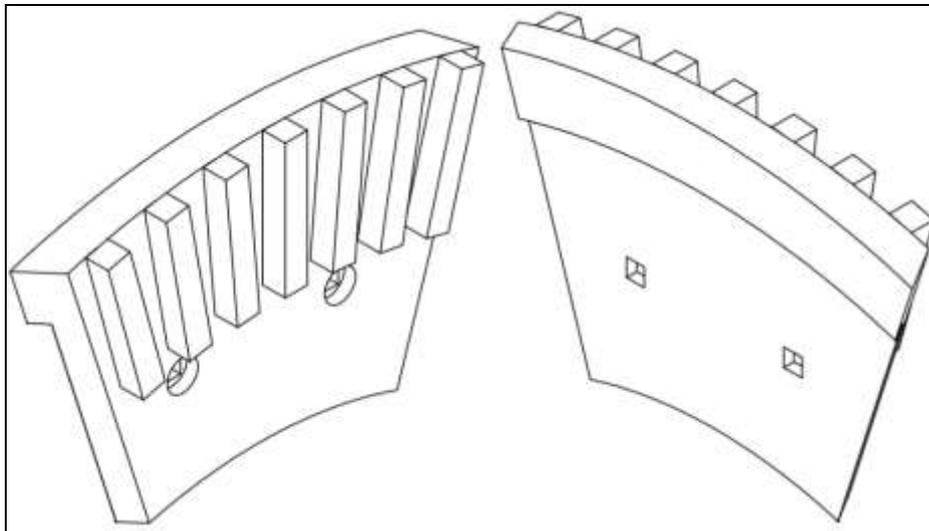


Ilustración 43: Vista isométrica del segmento de poliuretano tipo engranaje.

Fuente: Empresa de agregados.

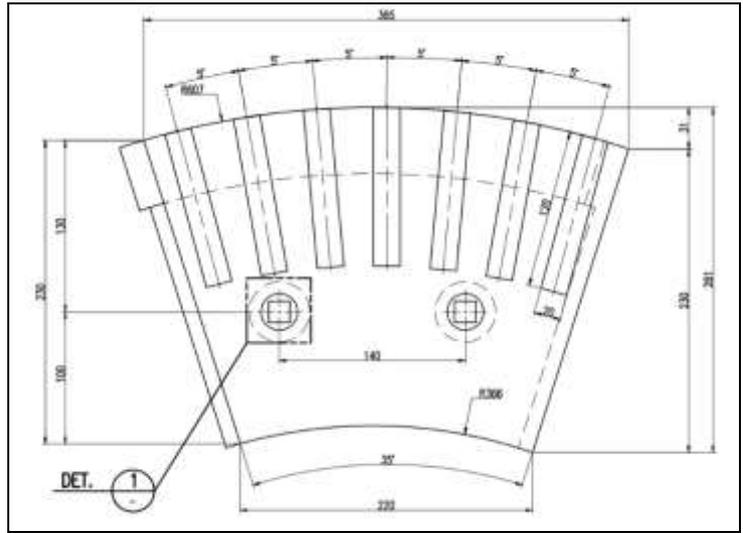


Ilustración 44: Vista frontal del segmento de poliuretano tipo engranaje.

Fuente: Empresa de agregados.

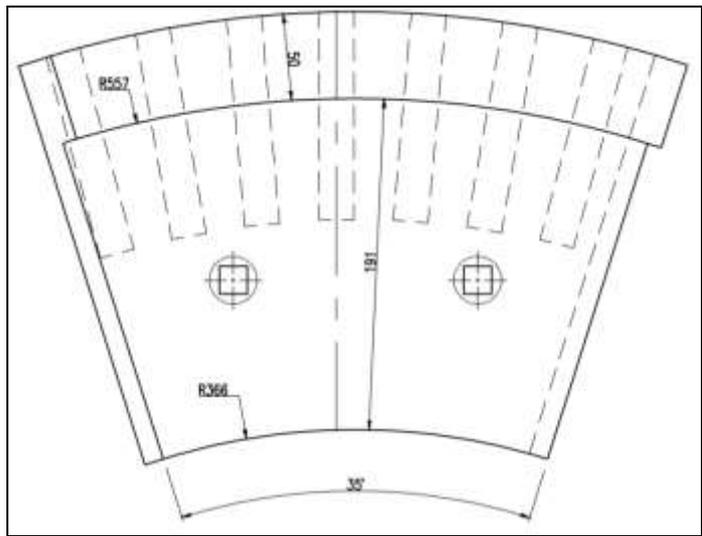


Ilustración 45: Vista posterior del segmento de poliuretano tipo engranaje.

Fuente: Empresa de agregados.

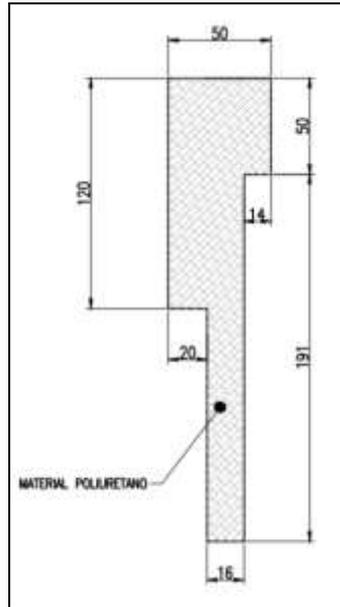
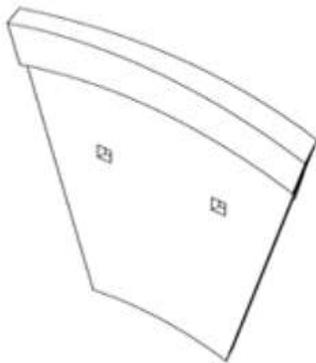


Ilustración 46: Vista lateral del segmento de poliuretano tipo engranaje.
Fuente: Empresa de agregados.

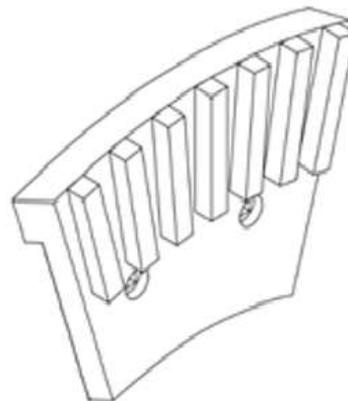
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de los tipos de segmentos, es necesario dar a conocer las particularidades técnicas que forman parte del estudio, los cuales son:

Segmento normal



Segmento engranaje



Dimensiones	<ul style="list-style-type: none"> ● Longitud del segmento: 340 mm ● Ancho superior: 365 mm ● Ancho inferior: 150 mm ● Espesor de la pestaña: 30 mm ● Altura de la pestaña de impacto: 50 mm ● Espesor de la base de anclaje: 16 mm 	<ul style="list-style-type: none"> ● Longitud del segmento: 261 mm ● Ancho superior: 365 mm ● Ancho inferior: 220 mm ● Espesor de la pestaña: 30 mm ● Altura de la pestaña de impacto: 50 mm ● Espesor de la base de anclaje: 16 mm ● Espesor de las secciones de poliuretano: 20 mm
Peso, gr.	1768.00c	1780.00
Material	Poliuretano	Poliuretano
Características	<ul style="list-style-type: none"> ● Dureza: 95 A Shore. ● Se realiza el cambio de los segmentos cuando la pestaña de impacto llega a la medida mínima de 10 mm. ● No se vuelven frágiles a temperaturas por debajo a 62°C ● Resistencia al envejecimiento en condiciones normales. 	

Se empleó una balanza digital Ventus 40 Kg, el cual, tiene un margen de error del menor al +/- 0.033%. (40)

Así mismo, se empleó un Vernier digital de 150 mm, para tomar nota de las dimensiones de los segmentos, el cual tiene un margen de error de +/-0.03 mm. (41)

El capítulo V abarcará los siguientes puntos:

- 1) Presentación de los resultados obtenidos de las inspecciones semanales
- 2) Contrastación de la hipótesis general
- 3) Contrastación de las hipótesis específicas.

5.1 RESULTADO DE LAS INSPECCIONES SEMANALES

Respectos a las mediciones o inspecciones, se tiene que:

- El segmento de poliuretano es cambiado cuando la medida superior llega a los 10 mm, esto se puede apreciar en la ilustración 46.
- Se realizó las inspecciones en tres zonas distintas de la máquina, en donde se tomó nota de sus dimensiones y peso.
- Las inspecciones se realizaron semanalmente.

Los resultados de las inspecciones de ambos segmentos, son los siguientes:

A. Segmento de poliuretano normal

Como se mencionó en el capítulo anterior (en el punto 4.4.1.), el segmento de poliuretano normal tiene un peso inicial de 1768 gr y una medida de 50 mm, dicho segmento tiene una vida útil de 747 horas de trabajo (91 días o 3 meses de vida útil), la medida mínima con la cual trabaja la máquina, es con un segmento de 10 mm.

Las mediciones fueron realizadas del 04/02/2019 al 29/04/2019, dando un total de 13 inspecciones; y el promedio de los resultados obtenidos es el siguiente:

Tabla 13.*Resultados del control en los segmentos de poliuretano normal*

Detalle	Fecha	Días	Horas	Segmento normal			
				Peso, gr.	Peso, %	Medida, mm	Medida, %
Inspección 1	4/02/2019	7	59	1,768.00	100	50.00	100
Inspección 2	11/02/2019	7	59	1,731.37	98	46.73	93
Inspección 3	18/02/2019	7	57	1,694.64	96	43.47	87
Inspección 4	25/02/2019	7	57	1,658.55	94	40.22	80
Inspección 5	4/03/2019	7	59	1,622.00	92	36.98	74
Inspección 6	11/03/2019	7	58	1,585.76	90	33.71	67
Inspección 7	18/03/2019	7	59	1,549.04	88	30.47	61
Inspección 8	25/03/2019	7	57	1,512.26	86	27.25	54
Inspección 9	1/04/2019	7	59	1,475.75	83	24.02	48
Inspección 10	8/04/2019	7	57	1,439.34	81	20.75	41
Inspección 11	15/04/2019	7	58	1,403.16	79	17.49	35
Inspección 12	22/04/2019	7	60	1,366.45	77	14.22	28
Inspección 13	29/04/2019	7	59	1,329.83	75	10.94	22
Tiempo de vida útil		91	758				

Fuente: Elaboración propia

El resultado de cada inspección o control de cada segmento se pueden apreciar en el anexo 1.

Con los datos de la tabla 13 se determinará el desgaste de cada segmento, para ello se empleará la siguiente resta:

$$\text{Desgaste 1} = \text{medida de inspección 1} - \text{medida de inspección 2}$$

$$\text{Desgaste 1} = 50.00 - 46.73$$

$$\text{Desgaste 1} = 3.27$$

El desgaste del segmento en las inspecciones realizadas, es el siguiente:

Tabla 14.*Desgaste de los segmentos de poliuretano tipo normal*

Detalle	Desgaste del segmento normal	
	Peso, gr.	Medida, mm
Desgaste 1	36.63	3.27
Desgaste 2	36.74	3.26
Desgaste 3	36.09	3.24
Desgaste 4	36.55	3.25
Desgaste 5	36.24	3.27
Desgaste 6	36.73	3.24
Desgaste 7	36.77	3.22
Desgaste 8	36.52	3.22
Desgaste 9	36.41	3.28
Desgaste 10	36.17	3.26
Desgaste 11	36.71	3.27
Desgaste 12	36.62	3.28
Promedio	36.51	3.26

Fuente: Elaboración propia

B. Segmento de poliuretano tipo engranaje

Este segmento tiene un peso de 1780 gr, y sus características están detalladas en el capítulo anterior en el punto 4.4.2.

Las mediciones realizadas en el segmento de tipo engranaje se realizaron en las fechas del 06/05/2019 al 02/12/2019 (los resultados de la medición de cada segmento se detallan en los anexos 2 y 3).

El promedio de los resultados obtenidos es el siguiente:

Tabla 15.*Resultados del control en los segmentos de poliuretano engranaje*

Detalle	Fecha	Días	Horas	Segmento tipo engranaje			
				Peso, gr.	Peso, %	Medida, mm	Medida, %
Inspección 1	6/05/2019	7	58	1,780.00	100	50.00	100
Inspección 2	13/05/2019	7	58	1,760.99	99	48.72	97
Inspección 3	20/05/2019	7	56	1,741.56	98	47.41	95
Inspección 4	27/05/2019	7	57	1,722.16	97	46.08	92
Inspección 5	3/06/2019	7	57	1,702.75	96	44.81	90
Inspección 6	10/06/2019	7	56	1,683.98	95	43.49	87
Inspección 7	17/06/2019	7	58	1,664.64	94	42.24	84
Inspección 8	24/06/2019	7	56	1,645.66	92	40.90	82
Inspección 9	1/07/2019	7	56	1,626.21	91	39.62	79
Inspección 10	8/07/2019	7	56	1,606.61	90	38.27	77
Inspección 11	15/07/2019	7	56	1,587.07	89	37.01	74
Inspección 12	22/07/2019	7	56	1,568.77	88	35.72	71
Inspección 13	29/07/2019	7	57	1,549.04	87	34.44	69
Inspección 14	5/08/2019	7	57	1,530.05	86	33.12	66
Inspección 15	12/08/2019	7	58	1,510.51	85	31.83	64
Inspección 16	19/08/2019	7	59	1,491.19	84	30.50	61
Inspección 17	26/08/2019	7	60	1,471.89	83	29.18	58
Inspección 18	2/09/2019	7	56	1,452.49	82	27.94	56
Inspección 19	9/09/2019	7	57	1,433.28	81	26.61	53
Inspección 20	16/09/2019	7	59	1,414.16	79	25.33	51
Inspección 21	23/09/2019	7	58	1,394.90	78	24.00	48
Inspección 22	30/09/2019	7	59	1,375.91	77	22.74	45
Inspección 23	7/10/2019	7	59	1,356.51	76	21.43	43
Inspección 24	14/10/2019	7	56	1,337.07	75	20.11	40
Inspección 25	21/10/2019	7	58	1,317.99	74	18.83	38
Inspección 26	28/10/2019	7	58	1,298.73	73	17.50	35
Inspección 27	4/11/2019	7	60	1,279.44	72	16.25	33
Inspección 28	11/11/2019	7	59	1,260.18	71	14.95	30
Inspección 29	18/11/2019	7	60	1,240.97	70	13.65	27
Inspección 30	25/11/2019	7	59	1,221.37	69	12.31	25
Inspección 31	2/12/2019	7	60	1,202.68	68	10.97	22
Tiempo de vida útil		217	1789				

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en la tabla 14, se calculará el desgaste de los segmentos con base a la resta de las inspecciones, es decir, como lo indica la siguiente ecuación:

$$\text{Desgaste 1} = \text{medida de inspección 1} - \text{medida de inspección 2}$$

$$\text{Desgaste 1} = 50.00 - 48.72$$

$$\text{Desgaste 1} = 1.28$$

Los resultados son los siguientes:

Tabla 16.

Desgaste de los segmentos de poliuretano tipo engranaje

Detalle	Desgaste del segmento tipo engranaje	
	Peso, gr.	Medida, mm
Desgaste 1	19.01	1.28
Desgaste 2	19.43	1.31
Desgaste 3	19.39	1.33
Desgaste 4	19.42	1.27
Desgaste 5	18.77	1.32
Desgaste 6	19.34	1.26
Desgaste 7	18.97	1.33
Desgaste 8	19.46	1.29
Desgaste 9	19.60	1.34
Desgaste 10	19.54	1.27
Desgaste 11	18.29	1.29
Desgaste 12	19.74	1.28
Desgaste 13	18.98	1.32
Desgaste 14	19.55	1.29
Desgaste 15	19.32	1.34
Desgaste 16	19.29	1.32
Desgaste 17	19.40	1.24
Desgaste 18	19.21	1.33
Desgaste 19	19.12	1.28
Desgaste 20	19.26	1.33
Desgaste 21	18.99	1.25
Desgaste 22	19.40	1.31
Desgaste 23	19.44	1.32
Desgaste 24	19.08	1.28

Desgaste 25	19.26	1.33
Desgaste 26	19.29	1.25
Desgaste 27	19.27	1.30
Desgaste 28	19.21	1.30
Desgaste 29	19.60	1.34
Desgaste 30	18.69	1.34
Promedio	19.24	1.30

Fuente: Elaboración propia

5.1.1 Análisis de los resultados

Cabe resaltar que el cambio del segmento se realiza cuando llega a la medida de 10 mm, asimismo, el segmento de poliuretano normal llegó a dicha medida a la inspección nro. 13 y el segmento de tipo engranaje a la inspección nro. 31; además, cada inspección fue realizada semanalmente (con el mismo tiempo de uso).

Por tal motivo, se comparará los resultados obtenidos de ambos segmentos hasta la inspección nro. 13, ya que, el segmento de poliuretano normal se desgastó completamente en dicha inspección.

Los resultados obtenidos son:

Tabla 17.

Comparación del desgaste de los segmentos de poliuretano en cada inspección

Detalle	Desgaste del segmento normal		Desgaste del segmento tipo engranaje	
	Peso, gr.	Medida, mm	Peso, gr.	Medida, mm
Desgaste 1	36.63	3.27	19.01	1.28
Desgaste 2	36.74	3.26	19.43	1.31
Desgaste 3	36.09	3.24	19.39	1.33
Desgaste 4	36.55	3.25	19.42	1.27
Desgaste 5	36.24	3.27	18.77	1.32
Desgaste 6	36.73	3.24	19.34	1.26
Desgaste 7	36.77	3.22	18.97	1.33
Desgaste 8	36.52	3.22	19.46	1.29
Desgaste 9	36.41	3.28	19.60	1.34
Desgaste 10	36.17	3.26	19.54	1.27
Desgaste 11	36.71	3.27	18.29	1.29
Desgaste 12	36.62	3.28	19.74	1.28
Promedio	36.51	3.26	19.25	1.30

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla anterior, las principales diferencias son:

- El desgaste semanal promedio del segmento del poliuretano normal en cuanto a su medida es de 3.26 mm, en cambio, el desgaste del segmento de poliuretano de tipo engranaje es de 1.30 mm.
- Para el segmento de tipo engranaje se tuvo que realizar 31 inspecciones para llegar a la medida mínima utilizable por la máquina (10 mm), en cambio, el segmento de poliuretano normal llegó a la medida de 10 mm en la inspección nro. 13; teniendo en cuenta que cada inspección se realizó de manera semanal, se deduce que el segmento de tipo engranaje tiene un mayor tiempo de vida.

Además, como se aprecia en las tablas 13 y 15:

- El tipo de segmento normal tiene una duración promedio de 747 horas (3 meses de vida útil, ver tabla 13); sin embargo, el segmento de poliuretano de tipo engranaje tiene una duración de 1802 horas (7 meses de vida útil, ver tabla 15).
- Los segmentos de poliuretano son cambiados cuando llegan al 22% de su medida inicial, es decir, el segmento nuevo tiene una medida de 50 mm, y son cambiados cuando han llegado a la medida de 10.90 mm.

5.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Para corroborar la hipótesis, la Sociedad Hispana de Investigadores Científicos (SIENCIE) propone los siguientes pasos:

- 1) Formulación de la hipótesis
- 2) Establecer el nivel de significancia
- 3) Elección del estadístico de prueba
- 4) Lectura del p-valor
- 5) Toma de la decisión o conclusión estadística

Los datos para procesar la hipótesis serán los mostrados en la tabla 17 (Desgaste en su medida).

5.2.1 PASO 1: Formulación Planteamiento de la hipótesis

La hipótesis de investigación es la siguiente:

- Existe menor desgaste del nuevo segmento de poliuretano en comparación con el segmento antiguo que usa la empresa de agregados en la lavadora de

arena MCLANAHAN, con lo cual, el nuevo segmento tiene un mayor tiempo de vida útil y esto reduce el costo de mantenimiento de la lavadora de arena.

De acuerdo a la hipótesis propuesta por el investigador, se propondrá la hipótesis alterna e hipótesis nula, las cuales son:

- Hipótesis Alterna: El segmento de poliuretano de tipo engranaje tiene un menor desgaste que reduce el costo de mantenimiento de la lavadora de arena MCLANAHAN.
- Hipótesis Nula: El segmento de poliuretano de tipo engranaje NO tiene un menor desgaste que reduce el costo de mantenimiento de la lavadora de arena MCLANAHAN.

5.2.2 PASO 2: Establecer el nivel de significancia

Para corroborar la hipótesis alterna, se debe trabajar con la hipótesis nula; entonces, existen 2 posibles resultados, el de aceptar o rechazar la hipótesis planteada, por tal motivo, se debe poner un rango de rechazo de la hipótesis, es decir, el nivel de significancia es el error máximo tolerable para aceptar la hipótesis alterna.

Según FISHER, el nivel de significancia estadística es el rango de error que se está dispuesto a correr, cabe resaltar que mientras menor sea este nivel de error, mayor precisión tendrá la hipótesis alterna.

Para la presente investigación se tomará un 5% de error, por lo cual es válido decir que el alfa o nivel de significancia es igual a 0.05

5.2.3 PASO 3: Elección del estadístico de prueba

Para determinar la prueba a aplicar se debe analizar los datos obtenidos, al respecto en la publicación de las revistas indexadas de Scielo, los autores FLORES, MIRANDA y VILLASIS proponen el siguiente esquema:

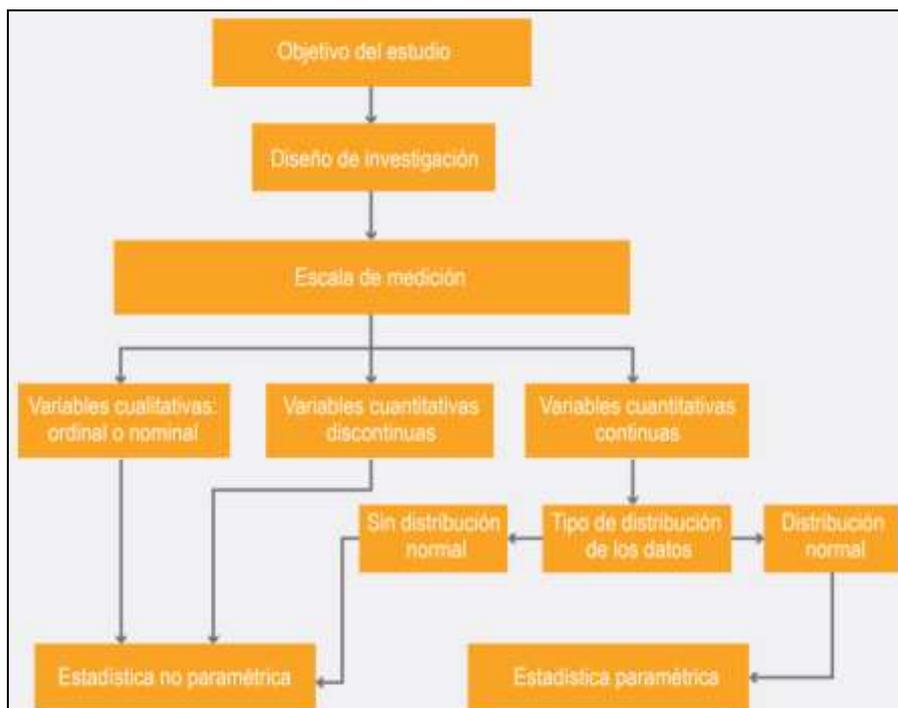


Ilustración 47: Elección de la prueba estadística.

Fuente: Flores, Miranda y Villasis (2017) “El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. Estadística inferencial, vol.64, n.3, p. 367 ISSN 2448-9190”.

Entonces el primer paso es determinar si las variables son cualitativas o cuantitativas; cabe resaltar que las variables cuantitativas se dividen en continuas o discontinuas (discretas), las continuas son los que tenga que ver con el peso, longitud, volumen o tiempo; las discontinuas son aquellas que no se pueden dividir.

Para determinar la prueba estadística a aplicar se realizará un estudio de las variables, las cuales dan como resultado lo siguiente:

Tabla 18.

Análisis de las variables

Variable	Detalle	Tipo de variable
Variable independiente	Segmentos de poliuretano	Es una variable de tipo dicotómica, ya que existen 2 posibles soluciones las cuales son: - Segmento normal o segmento sin modificar - Segmento de tipo engranaje
Variable dependiente	Costo de mantenimiento	Es una variable de tipo cuantitativa continua, ya que está relacionado con la medición del tiempo, volumen y longitud.

Fuente: Elaboración propia

En base a la tabla anterior y la ilustración 47, se concluye que la prueba a aplicar tiene que ser una prueba paramétrica, ya que el objetivo de la investigación es comparar datos cuantitativos, al respecto, los autores FLORES, MIRANDA y VILLASIS indican que la mejor prueba a aplicar para este tipo de casos es la T-student, y dado que el trabajo de investigación se trata de la inspección del antes y después de implementar los segmentos de poliuretano, pues se debe aplicar la prueba:

- T-student para muestras relacionadas

Sin embargo, para poder aplicar esta prueba estadística se debe corroborar la normalidad de los datos, esta comprobación se realizará en el paso 4.

5.2.4 PASO 4: Lectura del p-valor

Para poder emplear la prueba estadística 'T- student para muestras relacionadas' se debe comprobar que los datos provienen de una distribución normal.

La normalidad o distribución normal se encarga comprobar que los datos no difieran demasiado unos de otros, esta normalidad se comprueba mediante 2 métodos, los cuales son:

- Kolmogorox-Smirnov = muestras grandes (>50)
- Shapiro Wilk = muestras pequeñas (<50)

Para esta prueba de normalidad es necesario plantear una nueva hipótesis, la cual se denominará 'hipótesis de normalidad'; además, se debe poner un nuevo nivel de significancia para aceptar o rechazar la hipótesis de normalidad, por lo cual, se optó por trabajar en base a un error del 5% (nivel de significancia ' α '= 0.05)

- Si el P-valor $\Rightarrow \alpha$, se debe aceptar hipótesis nula (H_0) = los datos SI provienen de una distribución normal
- Si el P-valor $< \alpha$, se debe aceptar hipótesis alterna (H_1) = los datos NO provienen de una distribución normal

Dado que los datos a comparar son menores a 50 (ver tabla 17), se debe aplicar la prueba de Shapiro Wilk, con lo cual se obtiene:

Tabla 19.*Prueba de normalidad por SPSS*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Desgaste del Segmento Tradicional	,178	12	,200*	,901	12	,164
Desgaste del Segmento Engranaje	,191	12	,200*	,919	12	,279

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20.*Conclusión sobre la prueba de normalidad*

Normalidad		
P-valor (segmento tradicional) = 0.164	>	$\alpha = 0.05$
P-valor (segmento engranaje) = 0.279	>	$\alpha = 0.05$
Conclusión: Como el P-valor con la prueba 'Shapiro-Wilk' es mayor a un alfa del 0.05, entonces es válido decir que los datos SI provienen de una distribución normal, por lo cual, si es factible aplicar la prueba T-student para muestras relacionadas		

Fuente: Elaboración propia

5.2.5 PASO 5: Conclusión estadística

Para aceptar o rechazar a hipótesis de investigación se debe tomar la hipótesis alterna y la hipótesis nula del paso 1.

- Si 'P-valor' < α , se rechaza la Hipótesis nula y se acepta la Hipótesis alterna
- Si 'P-valor' > α , se acepta la Hipótesis nula y se rechaza la Hipótesis alterna

Con el software estadístico se debe tomar los resultados en el cuadrante 'significancia bilateral', cabe resaltar que la significancia bilateral es la probabilidad del margen de error que toma la hipótesis del investigador.

Tabla 21.*Prueba T-student para muestras relacionadas mediante el SPSS*

		Prueba de muestras emparejadas						
		Diferencias emparejadas						
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Par 1	Desgaste del Segmento Tradicional - Desgaste del Segmento Engranaje	1,95750	,03494	,01008	1,93530	1,97970	194,103	11 ,000

Fuente: Elaboración propia

En base al resultado anterior, se concluye lo siguiente:

Tabla 22.*Conclusión sobre la validez de la hipótesis*

Conclusión estadística	
P-valor (sig. Bilateral) = 0.000	< $\alpha = 0.05$
Con el resultado estadístico obtenido por la prueba T-student para muestras relacionadas, se obtiene que el P-valor es menor al nivel de error del 5%, por lo cual, es válido afirmar que el desgaste de segmento de poliuretano de tipo engranaje sufre un menor desgaste que el segmento de poliuretano normal.	
La media de desgaste por el segmento de poliuretano bajo de 3.2533mm a 1.295 mm. (ver anexo 11)	
<u>Conclusión estadística:</u>	
Se debe Aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula, por ello es válida la hipótesis propuesta, la cual es:	
- Existe menor desgaste del nuevo segmento de poliuretano en comparación con el segmento antiguo que usa la empresa de agregados en la lavadora de arena MCLANAHAN, con lo cual, el nuevo segmento tiene un mayor tiempo de vida útil y esto reduce el costo de mantenimiento de la lavadora de arena.	

Fuente: Elaboración propia

5.3 ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

5.3.1 Hipótesis Especifica 1

La hipótesis especifica 1, es la siguiente:

“El nuevo segmento de poliuretano incrementa la producción de cubos lavados y reduce el costo por el cambio de segmentos de la lavadora de arena de la empresa de agregados”.

Para ello, se realizaron los siguientes pasos:

- 1) Comparar los costos por el cambio de segmentos de poliuretano de las 2 opciones (segmento normal y segmento tipo engranaje).
- 2) Comparar la producción que realizan las 2 opciones de segmentos de poliuretano.
- 3) Realizar la comparación de ambos tipos de segmentos en base al costo por cambiar los segmentos y su producción durante su vida útil.

5.3.1.1 Variación de los costos de mantenimiento originado por el cambio de los segmentos

La empresa agregados presentó los siguientes costos en cuanto al mantenimiento de la lavadora de arena:

Tabla 23.

Costos de mantenimiento de la lavadora de arena

Año	Costo	Costo cambio	Costo cambio	Mantenimiento de	Costo cambio
	mantenimiento	de segmentos	de segmentos	otros	de segmentos
	lavadora	de la lavadora	de la lavadora	la lavadora	de la lavadora
	US\$	de arena	de arena	US\$	de arena
		US\$	%		%
2017	171,978	128,984	75	42,994	25
2018	171,755	128,984	75	42,771	25
2019	140,996	98,338	70	42,658	30

Fuente: Empresa de agregados.

Como se aprecia en la tabla anterior, el mayor porcentaje de gastos corresponde al cambio de segmentos de poliuretano, que son en promedio el 75% de los costos del mantenimiento de la lavadora.

Cabe resaltar que durante el año 2017 y 2018 se empleó el segmento de poliuretano normal de la empresa y a partir de mayo del 2019 se realizó el cambio por el segmento de poliuretano tipo engranaje (ver tabla 15).

La diferencia entre los segmentos de poliuretano, es el costo de adquisición de cada pieza, por lo cual, esto hace variar los costos inmersos en el cambio de los segmentos; por consiguiente, el cambio de los segmentos para cada modelo o tipo son los siguientes:

Tabla 24.*Costo por cambio de segmentos de poliuretano*

Tipo de segmento	Cantidad de segmentos requeridos	Costo por unidad	Adquisición de segmentos	Otros costos en el cambio de segmentos	Costo total en el cambio de segmentos
	Unidades	US\$	US\$	US\$	US\$
Segmento de poliuretano normal	400	68.00	27,200.00	5,046.00	32,246.00
Segmento de poliuretano tipo engranaje	400	70.00	28,000.00	5,046.00	33,046.00

Fuente: Empresa de agregados

Como se aprecia en la tabla 24, el costo incurrido para cambiar los segmentos varía dependiendo el tipo de segmento; asimismo, en la tabla 23 se detalla el costo de mantenimiento de la lavadora de arena, sin embargo, en dicha tabla se aprecia que en el año 2019 el costo de mantenimiento es menor que los años anteriores, esto se debe a que en dicho año se empleó el segmento de poliuretano tipo engranaje, el cual tiene una mayor duración, lo que hace que el costo de mantenimiento de la lavadora se reduzca; el desglose de los costos por el cambio de los segmentos de los años 2018 al 2019 es el siguiente:

Tabla 25.*Costo de cambio de segmentos según el tipo de segmento de poliuretano*

Año	Segmento de poliuretano normal			Segmento de poliuretano tipo engranaje			Costo por cambiar los segmentos de poliuretano (A+B) US\$
	Cantidad de cambios de segmento	Costo por cambio	Total de costos por cambio (A)	Cantidad de cambios de segmento	Costo por cambio	Total de costos por cambio (B)	
	CANT.	US\$	US\$	CANT.	US\$	US\$	
2018	4	32,246.00	128,984.00	-	-	-	128,984.00
2019	1	32,246.00	32,246.00	2	33,046.00	66,092.00	98,338.00

Fuente: Empresa de agregados

Como se dijo en el párrafo anterior, la diferencia de los costos de cambio de los segmentos de poliuretano (que forman el 75% de los costos de mantenimiento de la lavadora – tabla 23), se debe a que el segmento tipo engranaje tiene un mayor tiempo de vida.

Tabla 26.*Diferencias entre los segmentos de poliuretano*

ÍTEM	Modelo original	Modelo modificado
Costo de cambio de segmentos de poliuretano, US\$	32,246	33,046
Tiempo para realizar el cambio de segmentos de poliuretano, meses)	3	7

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26 se detalla la duración de cada segmento; por lo cual ahora se hallará el costo anual en el cambio de cada segmento; para ello hallará las veces que es necesario cambiar los segmentos durante 1 año, para proyectar el costo total que la empresa incurriría.

En donde “K” es la rotación en el cambio de segmentos, con lo cual se obtiene que:

$$K = \frac{\text{Meses durante el año}}{\text{Duración en meses}}$$

Tabla 27.*Cantidad de cambios de segmento por año, según el tipo de segmento*

Modelo original	Modelo modificado
$K = \frac{12}{3}$	$K = \frac{12}{7}$
$K = 4$	$K = 1.714$
	$K \cong 2$

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se aprecia que el segmento tipo engranaje requerirá una menor cantidad de cambios durante el año (1.7 veces o redondeando 2 veces por año), en cambio, el modelo original de requerirá cambiar 4 veces los segmentos al año.

Para proyectar los costos por cambiar los segmentos de poliuretano, se tomará los resultados obtenidos en la tabla 24 y se los multiplicará por los resultados obtenidos en la tabla 27.

Tabla 28.*Costo anual por cambio de segmentos*

Detalle	Modelo original	Modelo modificado
A. Costo por cambio de segmentos (US dólares)	32,246	33,046
B. Cantidad de cambios al año	4	2
C. Costo anual por cambio de segmentos (US dólares)	128,984.00	66,092.00

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 28, se obtiene que la empresa gasta anualmente la cantidad de 128,984.00 dólares en cambiar los segmentos de poliuretano, sin embargo, al utilizar el nuevo modelo de segmentos de poliuretano, el costo por cambiarlos anualmente se reducirá hasta el monto de 66,092.00 dólares; lo cual da un ahorro anual de 62,892.00 dólares; esto significa un ahorro económico cerca del 50%.

5.3.1.2 Variación de la producción originado por el cambio de los segmentos

Durante el año 2018 y 2019, la producción anual de la lavadora de arena fue la siguiente:

Tabla 29.*Producción anual de material lavado*

Año	Producción anual lavadora de arena m³	Valor por cubo	Producción en soles
2018	106,120	50	5,306,000.00
2019	137,602	50	6,880,100.00
Diferencia	31,482	-	1,574,100.00

Fuente: Empresa de agregados

De la tabla anterior, en el año 2019 la producción del material lavado se incrementó, esto fue debido a que el segmento de poliuretano tipo engranaje aumentó la cantidad de material lavado, las cantidades que procesan cada segmento por hora son:

- Segmento de poliuretano normal = 35 cubos por hora
- Segmento de poliuretano tipo engranaje = 50 cubos por hora

Cabe resaltar que cada cubo se vende en 50.00 soles; la producción durante la vida útil del segmento de poliuretano normal es:

Tabla 30.

Cubos lavados por el segmento de poliuretano normal o sin modificar

Detalle	Fecha	Horas	Cubos producidos por hora	Cantidad de cubos producidos
Inspección 1	4/02/2019	59	35	2,065
Inspección 2	11/02/2019	59	35	2,065
Inspección 3	18/02/2019	57	35	1,995
Inspección 4	25/02/2019	57	35	1,995
Inspección 5	4/03/2019	59	35	2,065
Inspección 6	11/03/2019	58	35	2,030
Inspección 7	18/03/2019	59	35	2,065
Inspección 8	25/03/2019	57	35	1,995
Inspección 9	1/04/2019	59	35	2,065
Inspección 10	8/04/2019	57	35	1,995
Inspección 11	15/04/2019	58	35	2,030
Inspección 12	22/04/2019	60	35	2,100
Inspección 13	29/04/2019	59	35	2,065
TOTAL				26,530
Promedio				2,041

Fuente: Elaboración propia

La producción de cubos lavados durante la vida útil del segmento de poliuretano modificado o de tipo engranaje es:

Tabla 31.*Cubos lavados por el segmento de poliuretano tipo engranaje o modificado*

Detalle	Fecha	Horas	Cubos producidos por hora, unidades	Cantidad de cubos producidos, unidades
Inspección 1	6/05/2019	58	50	2,900
Inspección 2	13/05/2019	58	50	2,900
Inspección 3	20/05/2019	56	50	2,800
Inspección 4	27/05/2019	57	50	2,850
Inspección 5	3/06/2019	57	50	2,850
Inspección 6	10/06/2019	56	50	2,800
Inspección 7	17/06/2019	58	50	2,900
Inspección 8	24/06/2019	56	50	2,800
Inspección 9	1/07/2019	56	50	2,800
Inspección 10	8/07/2019	56	50	2,800
Inspección 11	15/07/2019	56	50	2,800
Inspección 12	22/07/2019	56	50	2,800
Inspección 13	29/07/2019	57	50	2,850
Inspección 14	5/08/2019	57	50	2,850
Inspección 15	12/08/2019	58	50	2,900
Inspección 16	19/08/2019	59	50	2,950
Inspección 17	26/08/2019	60	50	3,000
Inspección 18	2/09/2019	56	50	2,800
Inspección 19	9/09/2019	57	50	2,850
Inspección 20	16/09/2019	59	50	2,950
Inspección 21	23/09/2019	58	50	2,900
Inspección 22	30/09/2019	59	50	2,950
Inspección 23	7/10/2019	59	50	2,950
Inspección 24	14/10/2019	56	50	2,800
Inspección 25	21/10/2019	58	50	2,900
Inspección 26	28/10/2019	58	50	2,900
Inspección 27	4/11/2019	60	50	3,000
Inspección 28	11/11/2019	59	50	2,950
Inspección 29	18/11/2019	60	50	3,000
Inspección 30	25/11/2019	59	50	2,950
Inspección 31	2/12/2019	60	50	3,000
TOTAL				89,450
PROMEDIO				2,885

Fuente: Empresa de agregados

Teniendo en cuenta la tabla 30 y 31, se halla la producción en soles de cada segmento de poliuretano en base a su vida útil:

Tabla 32.

Producción de material lavado de cada segmento en su vida útil

Tipo de Segmento	Cantidad de Cubos lavados durante su vida útil	Valor por cada cubo, soles	Producción, soles
Segmento de poliuretano normal	26,530	50.00	1,326,500.00
Segmento de poliuretano tipo engranaje	89,450	50.00	4,472,500.00
Diferencia	62,920	-	3,146,000.00

Fuente: Empresa de agregados

En la tabla 32 se aprecia que el segmento de tipo engranaje a lo largo de su vida útil procesa una mayor cantidad de cubos lavados, esta diferencia 62,920 cubos; y en términos económicos esta eficiencia es de 3 146 000.00 soles.

Como se aprecia en las tablas 30 y 31, la producción de arena lavada es diferente en cada segmento, el promedio de producción semanal es el siguiente:

Tabla 33.

Promedio semanal de cubos procesados por cada tipo de segmento

Detalle	Segmento normal	Segmento engranaje	Incremento de la producción, %
Cubos de arena procesados semanalmente	2,041	2,885	141.39

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se aprecia que la producción semanal con el segmento tipo engranaje se incrementó en 41.39% respecto al segmento normal.

Para analizar a cada segmento, se comparará los resultados obtenidos por cada tipo de segmento en la siguiente tabla:

Tabla 34.*Comparación de los resultados obtenidos*

	Detalle	Modelo original	Modelo modificado
A	Costo por segmento, dólares	68.00	70.00
B	Costo por cada cambio de segmentos, dólares	32,246.00	33,046.00
C	Tiempo de vida útil, meses	3 meses	7 meses
D	Costo anual por cambio de segmentos, dólares	128,984.00	66,092.00
E	Producción de cubos por hora, unidades	35	50
F	Promedio de cubos de arena lavados semanalmente, unidades	2,041	2,885
G	Cubos de material lavado a lo largo de su vida útil, unidades	26,530	89,450
H	Producción a lo largo de su vida útil, soles	1,326,500.00	4,472,500.00

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia una clara superioridad del segmento de poliuretano tipo engranaje, entre lo más resaltante se tiene:

- El costo de reemplazar las piezas anualmente disminuye considerablemente (de 128,984.00 dólares a 66,092.00 dólares).
- En el segmento normal es necesario realizar 4 cambios de segmento al año, en cambio, en el segmento tipo engranaje solo es necesario realizar 2 cambios al año.
- La producción se incrementa, ya que, el segmento normal procesa 35 cubos por hora y el segmento tipo engranaje procesa 50 cubos por hora.

5.3.1.3 Costo vs producción del lavado de arena

En base a los resultados obtenidos de las tablas 13, 15, 17, 30 y 31; se obtiene la siguiente tabla, la cual resume la producción en base al desgaste que sufre el segmento de poliuretano.

Tabla 35.*Comparación de los segmentos en cuanto a su duración y producción*

Detalle	Segmento normal				Segmento tipo engranaje			
	Peso, gr.	Medida, mm	Desgaste, mm	Cubos producidos	Peso, gr.	Medida, mm	Desgaste, mm	Cubos producidos
Inspección 1	1,768.00	50.00	-	2,065	1,780.00	50.00	-	2,900
Inspección 2	1,731.37	46.73	3.27	2,065	1,760.99	48.72	1.28	2,900
Inspección 3	1,694.64	43.47	3.26	1,995	1,741.56	47.41	1.31	2,800
Inspección 4	1,658.55	40.22	3.24	1,995	1,722.16	46.08	1.33	2,850
Inspección 5	1,622.00	36.98	3.25	2,065	1,702.75	44.81	1.27	2,850
Inspección 6	1,585.76	33.71	3.27	2,030	1,683.98	43.49	1.32	2,800
Inspección 7	1,549.04	30.47	3.24	2,065	1,664.64	42.24	1.26	2,900
Inspección 8	1,512.26	27.25	3.22	1,995	1,645.66	40.90	1.33	2,800
Inspección 9	1,475.75	24.02	3.22	2,065	1,626.21	39.62	1.29	2,800
Inspección 10	1,439.34	20.75	3.28	1,995	1,606.61	38.27	1.34	2,800
Inspección 11	1,403.16	17.49	3.26	2,030	1,587.07	37.01	1.27	2,800
Inspección 12	1,366.45	14.22	3.27	2,100	1,568.77	35.72	1.29	2,800
Inspección 13	1,329.83	10.94	3.28	2,065	1,549.04	34.44	1.28	2,850
Total de cubos procesados de arena				26,530	36,850			

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que el segmento de tipo engranaje tiene una mejor producción que el segmento normal, esto traerá consigo una reducción de los costos de producción en el lavado de arena, es decir, reducirá el costo por cada cubo procesado, esto se corroborará mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Costo por cubo producido} = \frac{\text{Costo por cambio de segmentos}}{\text{Cant. de cubos lavados durante la vida útil del segmento}}$$

En donde:

- El costo por cambio de segmentos se obtiene de la tabla 24
- La cantidad de cubos lavados de cada segmento se obtiene de las tablas 30 y 31.

Tabla 36.

Costo por cubo lavado en relación al costo por el cambio del segmento de poliuretano

Tipo de Segmento	Cantidad de Cubos lavados durante la vida útil del segmento (A)	Costo por cambio de segmentos (B)	Costo por cubo producido, dólares (C=B/A)
Segmento de poliuretano normal	26,530 (tabla 30)	32,246.00 (tabla 24)	1.22
Segmento de poliuretano tipo engranaje	89,450 (tabla 31)	33,046.00 (tabla 24)	0.37

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se aprecia que el costo por lavar un cubo de arena con el segmento de poliuretano normal es de 1.22 dólares, sin embargo, con el segmento tipo engranaje este costo disminuye a 0.37 dólares.

5.3.2 Hipótesis específica 2

La hipótesis específica 2, es la siguiente:

“El nuevo segmento de poliuretano incrementa la disponibilidad y confiabilidad de la lavadora de arena de la empresa de agregados”.

Por lo cual, se hallarán los porcentajes de disponibilidad y confiabilidad de cada tipo de segmento.

5.3.2.1 Disponibilidad

La disponibilidad es “la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado”. (Mesa, Ortiz y Pinzón, 2006)

La ecuación de disponibilidad que se empleó, fue la propuesta por Melo, Lara y Jacobo (2009); la cual es:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

En donde:

MTBF: Mean Time Between Failures, o tiempo medio entre fallos; el cual se obtiene de la siguiente ecuación:

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

MTTR: Mean Time To Repair o Tiempo Medio de Mantenimiento Correctivo; el cual se obtiene de la siguiente ecuación:

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ de horas totales por mantenimiento o avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

Cabe resaltar que la ecuación pertenece a la disponibilidad inherente.

Como primer paso, se hallará el MTTR y el MTBF, cabe resaltar que para este cálculo se empleará los datos de la tabla 13 y 15, asimismo, también se debe tener en cuenta que:

- El tiempo para cambiar los segmentos de poliuretano es de 16 horas.
- En cuanto a los segmentos de poliuretano, son reemplazados cuando llegan a la medida de 10 mm, por lo cual, para cambiar el segmento de poliuretano de tipo engranaje se programa su cambio cada 7 meses (ver tabla 15), las horas operativas de este segmento durante los 7 meses fue de 1789 hr., y las horas proyectadas que puede operar durante el año es de 3067 hr., cabe resaltar que este segmento requerirá su reemplazo 2 veces al año. En el segmento normal, se programa su cambio cada 3 meses (ver tabla 13) y las horas operativas durante ese tiempo es de 758 hr., y las horas proyectadas anuales de este segmento son de 3032 hr., además, los segmentos son reemplazados 4 veces durante el año.

Con los datos anteriores se procede a calcular el MTBF y MTTR del segmento de poliuretano:

Tabla 37.

Calculo del MTBF y MTTR de la máquina lavadora de arena

	Horas totales durante el año	Cant. de averías	MTBF	Cant. de horas de paro por las averías	Cant. de averías	MTTR
Normal	3,032	4	758	64	4	16
Engranaje	3,067	2	1,533	32	2	16

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando los datos de MTBF y MTTR en la ecuación de disponibilidad, se obtiene:

Tabla 38.

Calculo de la disponibilidad

	MTBF (Tiempo medio entre fallas)	MTTR Tiempo (Medio de Mantenimiento Correctivo)	Disponibilidad
Normal	758	16	97.93%
Engranaje	1,533	16	98.97%

Fuente: Elaboración propia

Se observa que ambos tipos de segmentos de poliuretano tienen una alta disponibilidad, sin embargo, se observa un incremento de 1.03% con el segmento de tipo engranaje.

5.3.2.2 Confiabilidad

La confiabilidad “es la confianza que se tiene de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un período de tiempo preestablecido; asimismo, también es definido como la probabilidad de que un ítem pueda desempeñar su función requerida durante un intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones de uso definidas”. (Mesa et. al., 2006)

La confiabilidad se calculará en base a la ecuación de exponencial, también llamada “probabilidad de supervivencia”, la cual es:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \text{ ó } R(t) = \exp(-\lambda t)$$

En donde:

R(t): Confiabilidad de un equipo en un tiempo “t” dado

e: constante neperiana (2.71828)

λ : Tasa de fallas (número total de fallas por período de operación)

t: tiempo

Sin embargo, conforme a los autores Mesa et. al., (2006), detallan que el valor “ λ ” se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

TOMBORERO (32) llegó a la misma conclusión sobre la constante lambda, el cual es:

$$MTBF = m = 1 / \lambda = MTTF$$

En donde:

MTBF: Mean Time Between Failures, o tiempo medio entre fallos

Por consiguiente, reemplazando los valores en la ecuación de confiabilidad exponencial, se obtiene el siguiente resultado:

$$R(t) = e^{-\frac{t}{MTBF}}$$

Por consiguiente, ahora se realizará el cálculo de confiabilidad de cada segmento:

Tabla 39.

Confiabilidad con un tiempo "t" de 30 días

	e (constante neperiana)	t (cant. de horas analizadas en el mes)	MTBF (Tiempo medio entre fallas)	Confiabilidad
Segmento de poliuretano normal	2.71828	250	758	71.91%
Segmento de poliuretano de tipo engranaje	2.71828	250	1,533	84.96%

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que, el tiempo "t" se tomó 250 horas, debido a que es el promedio de horas utilizadas mensualmente de los segmentos de poliuretano; asimismo, el MTBF es el tiempo entre fallas, y el segmento normal falla o se desgasta a las 758 horas de uso; y el segmento de tipo engranaje a las 1533 horas de uso.

En base a la ecuación de confiabilidad exponencial se obtiene que la confiabilidad del segmento tipo engranaje es 84.96% y del segmento normal es de 71.91%.

En base a la ecuación de exponencial, se halló la confiabilidad de ambos segmentos por cada 100 horas de uso, los cuales se pueden apreciar en el anexo 5, el gráfico de confiabilidad de ambos segmentos es:

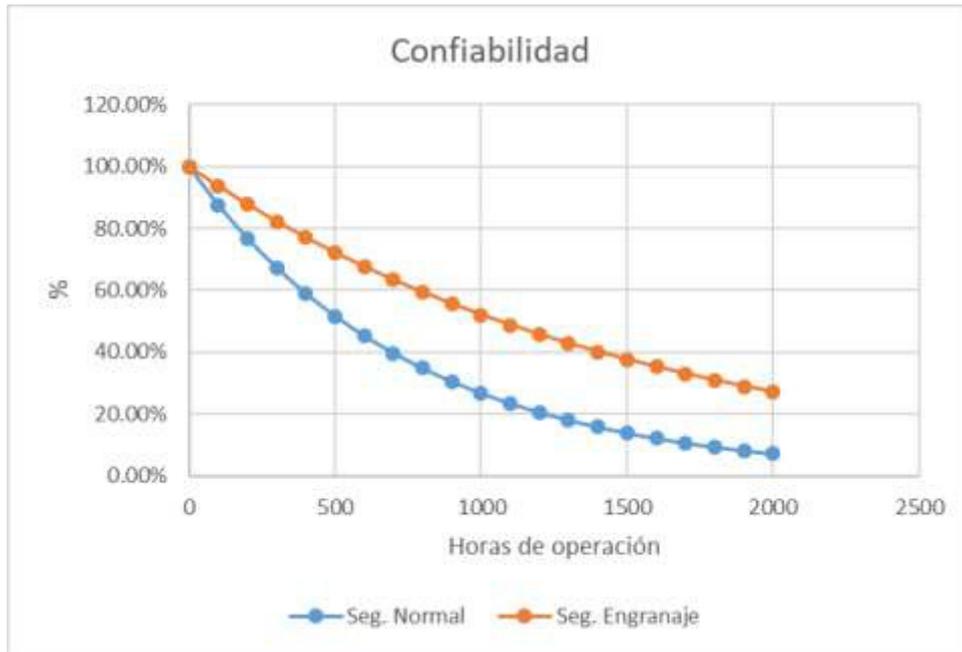


Ilustración 48: Confiabilidad de los segmentos en base a la Ecuación exponencial.
Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La producción de cubos lavados por el segmento normal es de 35 cubo/hora, y semanalmente alcanza una producción de 2041 cubos (tabla 30); sin embargo, el segmento tipo engranaje alcanza a lavar 50 cubos por hora y semanalmente logra una producción de 2885 cubos (tabla 31), es decir, el segmento tipo engranaje logra incrementar en 41.39% (tabla 33) la producción semanal de cubos lavados.

Así mismo, La máquina lavadora emplea 400 segmentos de poliuretano, el costo de cada segmento es de 68 dólares para el modelo sin modificar y de 70 dólares para el modelo modificado, con lo cual, para adquirir los 400 segmentos del modelo sin modificar se requerirá 27,200.00 dólares (tabla 24) y para el modelo modificado será de 28,000.00 dólares (tabla 24), asimismo, para cambiar los segmentos se requiere un desembolso de 5,046.00 dólares que forman parte del personal, equipo, etc. (tabla 24); con lo cual da un resultado final de:

- Costo por cambio de segmentos del modelo sin modificar 32 246.00 dólares (tabla 24)
- Costo por cambio de segmentos del modelo modificado 33 046.00 dólares (tabla 24)

Sin embargo, el segmento de poliuretano sin modificar requiere 4 cambios al año, lo que da un total de 128,984.00 dólares (tabla 28); y el segmento de poliuretano modificado requiere de 2 cambios al año, lo que da un total de 66,092.00 dólares (tabla 28).

2. La disponibilidad para el segmento sin modificar es de 97.93% (tabla 38) y para el segmento modificado es de 98.97% (tabla 38), y la confiabilidad para el segmento sin modificar es de 71.91% (tabla 39) y para el segmento modificado es de 84.96% (tabla 39), estos resultados indican que el segmento de poliuretano de tipo engranaje tiene mejores índices de disponibilidad y confiabilidad.

RECOMENDACIONES

1. Se debe emplear el segmento de poliuretano tipo engranaje, debido a que reduce el costo de mantenimiento de la lavadora de arena y además incrementa la producción de arena lavada.
2. Las revisiones periódicas del segmento de poliuretano se deben mantener, para tener los antecedentes de desgaste que sufre los segmentos y estos sirvan de base comparativa para analizar futuros segmentos.
3. Se recomienda evaluar todos los componentes de la lavadora de arena mediante indicadores, para evitar paradas de producción innecesarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLAIR, Enrique. Manual de riegos y avenamiento. Lima: Instituto de Ciencias Agrícolas.
- BOCCARDO, Renzo. (2006) Creatividad en la ingeniería de diseño. Caracas: Equinoccio.
- BRAVO, Roberto y BARRANTES, Ana Cecilia. (1989). Administración del mantenimiento industrial. Costa Rica: Universidad estatal a distancia.
- CARDONA Fox, Salvador y CLOS Costa, Daniel. (2001). Teoría de máquinas. Barcelona: UPC.
- CESPEDES Rui, Arturo. (1981). Principios de mantenimiento. Costa Rica: Universidad estatal a distancia.
- CINAREM. <http://cinarem.ismm.edu.cu/>. [En línea] [Citado el: 10 de 03 de 2020.] Disponible en: <http://cinarem.ismm.edu.cu/ponencias/METALMATER17/Lilian%20Vidiaux%20Arcia-Beneficio%20de%20la%20pulpa....pdf>.
- CINAREM. http://cinarem.ismm.edu.cu. [En línea] [Citado el: 10 de 03 de 2020.] Disponible en: <http://cinarem.ismm.edu.cu/ponencias/METALMATER17/Lilian%20Vidiaux%20Arcia-Beneficio%20de%20la%20pulpa....pdf>.
- CRESPO Márquez, Adolfo y PARRA Márquez, Carlos. (2012). Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos. España: Ingeman.
- CROMANGINGENIERIA. <http://cromangingenieria.com>. [En línea] [Citado el: 10 de 03 de 2020.] Disponible en: <http://cromangingenieria.com/noria-lavadora-de-arena.html>.
- CUATRECASAS Arbos, Luis. (2012). Gestión del mantenimiento de los equipos productivos. Madrid: Díaz de Santos.
- DEGARMO, E.P, BLACK, D.T. y KOHSER, R.A. (1994). Materiales y procesos de fabricación. New York: Reverte.
- FLORES RUIZ, Eric, MIRANDA NOVALES, María Guadalupe y VILLASIS KEEVER, Miguel Ángel. (2017). El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. Estadística inferencial. Ciudad de México: Revista Alergia México, Vol. 64, págs. 364-370. ISSN 2448-9190.
- GARCIA Garrido, Santiago. (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento.
- GOMEZ de León, Félix. (1998). Tecnología del mantenimiento Industrial. Universidad de Murcia.
- GONZALES Fernández, Francisco Javier. (2003). Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. España: FC.

- HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar. (2014). Metodología de la investigación. Sexta. México DF: Mc Graw Grill, 2014. 978-1-4562-2396-0.
- HORNGREN, Charles, DATAR, Srikant y RAJAN, Madhav. (2012) Contabilidad de costos. Pearson. México. ISBN: 978-607-32-1024-9
- INALCOA. <https://www.inalcoa.net>. [En línea] [Citado el: 10 de 03 de 2020.] Disponible en: <https://www.inalcoa.net/catalogo/plasticos-2/plasticos-poliuretano/>.
- JIMENEZ, Fernando y SOLIS, Santiago. Diseño y construcción de un sistema de lavado de arena con capacidad aproximada de ciento sesenta toneladas por día e implementación de un HMI, para la Compañía Ecohormigones. 2013. Tesis (Título de Ingeniero en Electromecánica). Latacunga: Escuela Politécnica del Ejército, 2013. 341 pp. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/6161>
- LADERA Saldaña, Ibsen Azuri. Mantenimiento preventivo de la planta de agregados, en la Empresa Concremax S.A. del Proyecto Toromocho. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Mecánico). Huancayo: Universidad Nacional del Centro, 2018. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4918>.
- MARTIN Castillo, Juan Carlos y GARCIA García, María Pilar. Automatismos Industriales. Madrid : Edutex.
- MCLANAHAN. <https://www.mclanahan.com>. [En línea] [Citado el: 10 de 03 de 2020.] <https://www.mclanahan.com/es/productos/tornillos-lavadores>.
- MCLNAHAM. Tornillos lavadores para material fino. [En línea] Mclanahan. Disponible en: <https://www.mclanahan.com/es/productos/lavadores-de-tornillo-sin-fin-para-material-fino>.
- MCLANAHAN. MCLANAHAN. <https://www.mclanahan.com>. [En línea] [Citado el: 10 de 03 de 2020.] Disponible en: <https://www.mclanahan.com/es/productos/tornillos-lavadores>.
- MELO GONZÁLEZ, R., LARA HERNÁNDEZ, C. y JACOBO GORDILLO, F. (2009). Estimación de la confiabilidad-disponibilidad-mantenibilidad mediante una simulación tipo Monte Carlo de un sistema de compresión de gas amargo durante la etapa de ingeniería. Monterrey, México: Tecnología, Ciencia, Educación, julio-diciembre, Vol. 24. Num. 2, ISSN: 0186-6036.
- MESA GRAJALES, Dairo H., ORTIZ SÁNCHEZ, Yesid y PINZÓN, Manuel. (2006). La confiabilidad. la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas

- al mantenimiento. Risaralda, Colombia: Scientia et Technica, Universidad Tecnológica de Pereira, Vol. XII. ISSN 0122-1701.
- MINERIA PAN-AMERICANA. Planta de lavado de arena compacta. [En línea] 03 de Julio de 2014. Disponible en: <https://www.mineria-pa.com/productos-y-tecnologia/planta-de-lavado-de-arena-compacta/>.
- MORALES Alvarez, Luis. Diseño y construcción de un prototipo para lavado. <https://ciencia.lasalle.edu.co>. [En línea] Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1110&context=ing_automatizacion.
- MUÑOZ Abella, Belén. (2008). Mantenimiento industrial. Universidad Carlos III de Madrid Área de Ingeniería Mecánica. Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf/view>
- NIJ Aguilar, Jorge Adán. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/>. REPOSITORIO USAC. [En línea] 29 de 03 de 2017. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6791/>.
- NILEMINING. <http://es.nilemining.ltd>. [En línea] [Citado el: 10 de 03 de 2020.] Disponible en: http://es.nilemining.ltd/equipo_separador_de_agua_y_arena/37.html?gclid=EAlaIQobChMlo_nXkcSa6AIVDwqRCh0xZgXuEAAyAAEgLHK_D_BwE.
- PCE. Pie de rey PCE-DCP 200N. [En línea] 2018. Disponible en: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumentos-de-medida/pie-rey-digital-pce-dcp300e.htm>.
- Reglamento del RENACYT. (2019). Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación tecnológica. Lima: CONCYTEC.
- REY Sacristan, Francisco. (2000). Manual del mantenimiento integral en la empresa. Madrid: FC Editorial.
- SALAZAR Moreno, Raquel, y otros. (2017). Confiabilidad y Análisis de Fallas utilizando la Distribución Weibull. México: Sexto congreso internacional de investigación en Ciencias básicas y agronómicas.
- SALAZAR López, Bryan. (2019). Total Productive Maintenance. URL: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- SECCION ESPAÑOLA. Ingeniería de instrumentación de plantas de proceso. España: Díaz de Santos, 2018.
- SCHROCK, Joshep. Montaje ajuste y verificación de elementos de máquinas. Bogotá: Reverte.

- SOTO ABANTO, Segundo Eloy. (2018). Variables, dimensiones e indicadores en una tesis. [En línea] Tesis Ciencia, 20 de agosto de 2018. <https://tesisciencia.com/2018/08/20/tesis-variables-dimensiones-indicadores/>.
- SUPO CONDORI, José. (2020). Metodología de la investigación científica para las Ciencias de la Salud, Sociales e Ingeniería. Arequipa, Perú: BIOESTADISTICO EEDU EIRL. 9798656825252.
- TOMBORERO DEL PINO, José. (1994). Fiabilidad de componentes: la distribución exponencial. España: Centro Nacional de condiciones de trabajo, Vol. NTP 316. NIPO: 211-94-008-1.
- WURTH. (2011). Balanza Digital BW30. [En línea] marzo de 2011. Disponible en:http://www.wurth.es/media/certificados/0714643005_instrucciones.pdf.

ANEXOS

Anexo 1: Resultados de las mediciones en el segmento de poliuretano normal

	Inspección 1 - 04/02/2019		Inspección 2 - 11/02/2019		Inspección 3 - 18/02/2019		Inspección 4 - 25/02/2019		Inspección 5 - 04/03/2019		Inspección 6 - 11/03/2019		Inspección 7 - 18/03/2019		Inspección 8 - 25/03/2019		Inspección 9 - 01/04/2019		Inspección 10 - 08/04/2019		Inspección 11 - 15/04/2019		Inspección 12 - 22/04/2019		Inspección 13 - 29/04/2019		
	Peso (gr)	Medida (mm)	Peso (gr)	Medida (mm)	Peso (gr)	Medida (mm)	Peso (gr)	Medida (mm)	Peso (gr)	Medida (mm)	Peso (gr)																
Segmento 1	1,768.00	50.00	1,732.86	46.72	1,693.62	43.49	1,657.07	40.20	1,622.39	36.96	1,585.58	33.69	1,549.08	30.46	1,510.89	27.27	1,475.74	24.06	1,440.83	20.72	1,401.92	17.47	1,367.93	14.25	1,330.75	10.92	
Segmento 2	1,768.00	50.00	1,731.83	46.73	1,696.63	43.48	1,657.73	40.23	1,621.76	36.97	1,587.43	33.71	1,550.64	30.49	1,510.57	27.26	1,477.14	24.02	1,439.67	20.77	1,401.21	17.52	1,368.18	14.26	1,329.64	10.91	
Segmento 3	1,768.00	50.00	1,732.56	46.74	1,696.69	43.45	1,659.30	40.21	1,623.41	36.99	1,584.38	33.73	1,548.11	30.48	1,512.02	27.27	1,477.07	24.02	1,439.74	20.76	1,402.03	17.47	1,366.47	14.21	1,331.04	10.97	
Segmento 4	1,768.00	50.00	1,730.42	46.72	1,693.63	43.45	1,660.04	40.23	1,621.58	36.99	1,584.37	33.72	1,549.15	30.49	1,511.75	27.27	1,476.42	24.01	1,437.80	20.77	1,404.41	17.51	1,365.63	14.23	1,328.19	10.95	
Segmento 5	1,768.00	50.00	1,730.74	46.72	1,696.21	43.47	1,658.27	40.22	1,622.78	36.98	1,584.81	33.69	1,550.36	30.49	1,511.10	27.26	1,475.64	24.00	1,438.16	20.75	1,403.69	17.52	1,365.77	14.26	1,330.18	10.95	
Segmento 6	1,768.00	50.00	1,730.84	46.70	1,694.95	43.48	1,656.70	40.20	1,622.95	36.99	1,587.12	33.68	1,548.59	30.49	1,511.72	27.23	1,475.09	24.00	1,438.16	20.75	1,402.00	17.50	1,368.07	14.22	1,330.62	10.91	
Segmento 7	1,768.00	50.00	1,729.52	46.74	1,696.14	43.47	1,658.29	40.21	1,622.70	36.97	1,587.29	33.72	1,547.41	30.49	1,514.46	27.24	1,474.59	24.04	1,439.17	20.73	1,404.61	17.48	1,368.37	14.19	1,330.68	10.90	
Segmento 8	1,768.00	50.00	1,732.26	46.72	1,693.80	43.45	1,658.97	40.20	1,622.50	36.99	1,587.26	33.72	1,547.45	30.45	1,511.79	27.25	1,476.78	24.00	1,437.82	20.77	1,402.49	17.50	1,367.37	14.20	1,328.33	10.90	
Segmento 9	1,768.00	50.00	1,733.10	46.74	1,695.61	43.45	1,658.51	40.20	1,622.67	36.97	1,586.90	33.71	1,549.91	30.49	1,512.41	27.24	1,474.35	24.00	1,440.68	20.72	1,401.00	17.52	1,365.87	14.19	1,329.40	10.95	
Segmento 10	1,768.00	50.00	1,730.06	46.70	1,695.29	43.46	1,659.86	40.23	1,620.80	36.99	1,585.83	33.73	1,549.19	30.49	1,512.11	27.26	1,474.49	24.00	1,439.87	20.75	1,404.47	17.50	1,365.98	14.24	1,329.45	10.90	
Segmento 11	1,768.00	50.00	1,731.05	46.73	1,695.08	43.47	1,659.72	40.23	1,621.13	36.98	1,586.21	33.73	1,548.21	30.43	1,514.05	27.23	1,477.72	24.05	1,441.42	20.74	1,403.70	17.47	1,366.90	14.22	1,328.62	10.98	
Segmento 12	1,768.00	50.00	1,732.71	46.70	1,693.19	43.45	1,657.89	40.22	1,620.51	37.00	1,585.54	33.73	1,549.53	30.46	1,512.54	27.26	1,474.03	24.02	1,439.33	20.74	1,404.84	17.50	1,366.79	14.19	1,331.55	10.96	
Segmento 13	1,768.00	50.00	1,731.11	46.70	1,694.57	43.45	1,658.75	40.24	1,620.80	36.96	1,586.26	33.68	1,548.99	30.44	1,511.72	27.24	1,477.35	24.04	1,441.08	20.77	1,402.20	17.52	1,367.44	14.19	1,329.55	10.94	
Segmento 14	1,768.00	50.00	1,731.33	46.72	1,694.46	43.48	1,656.59	40.25	1,620.69	36.95	1,586.96	33.70	1,550.56	30.45	1,512.48	27.25	1,474.66	24.04	1,438.26	20.73	1,402.07	17.47	1,366.61	14.24	1,329.83	10.90	
Segmento 15	1,768.00	50.00	1,731.35	46.73	1,693.33	43.45	1,659.41	40.22	1,622.48	36.95	1,586.70	33.69	1,547.48	30.46	1,513.54	27.26	1,477.40	24.02	1,439.02	20.77	1,404.02	17.46	1,368.30	14.21	1,328.35	10.92	
Segmento 16	1,768.00	50.00	1,729.69	46.75	1,693.02	43.47	1,658.49	40.20	1,620.93	36.98	1,584.31	33.73	1,548.16	30.48	1,513.20	27.26	1,477.37	24.04	1,439.52	20.72	1,403.79	17.47	1,365.10	14.19	1,330.14	10.91	
Segmento 17	1,768.00	50.00	1,731.94	46.71	1,694.68	43.49	1,658.25	40.25	1,621.08	36.98	1,584.40	33.71	1,549.61	30.47	1,510.57	27.27	1,474.51	24.00	1,438.63	20.73	1,404.14	17.46	1,367.05	14.25	1,328.87	10.98	
Segmento 18	1,768.00	50.00	1,732.31	46.70	1,695.51	43.47	1,656.80	40.24	1,623.10	36.96	1,584.76	33.71	1,550.15	30.49	1,511.37	27.27	1,474.17	24.04	1,439.35	20.74	1,402.15	17.47	1,365.02	14.24	1,330.28	10.98	
Segmento 19	1,768.00	50.00	1,731.50	46.72	1,694.27	43.49	1,659.77	40.24	1,621.97	36.97	1,587.09	33.72	1,550.14	30.46	1,513.41	27.24	1,476.17	24.03	1,440.77	20.73	1,403.28	17.47	1,366.11	14.23	1,330.69	10.97	
Segmento 20	1,768.00	50.00	1,732.47	46.74	1,693.72	43.47	1,657.78	40.24	1,623.26	36.95	1,584.23	33.71	1,547.50	30.44	1,511.75	27.25	1,474.31	24.02	1,441.03	20.75	1,404.28	17.50	1,364.99	14.26	1,329.41	10.92	
Segmento 21	1,768.00	50.00	1,729.83	46.70	1,694.70	43.47	1,659.40	40.25	1,622.69	36.96	1,586.81	33.71	1,548.58	30.43	1,511.33	27.24	1,475.76	24.00	1,439.88	20.73	1,404.41	17.46	1,364.58	14.19	1,329.24	10.97	
Segmento 22	1,768.00	50.00	1,733.25	46.74	1,693.58	43.46	1,659.84	40.21	1,621.35	37.00	1,585.26	33.69	1,549.08	30.45	1,510.82	27.23	1,475.32	24.01	1,440.45	20.76	1,402.57	17.51	1,365.93	14.24	1,329.38	10.95	
Segmento 23	1,768.00	50.00	1,730.28	46.73	1,694.87	43.46	1,658.04	40.21	1,621.26	36.97	1,585.77	33.73	1,548.75	30.44	1,514.04	27.23	1,474.52	24.02	1,439.61	20.77	1,401.24	17.49	1,365.90	14.20	1,328.41	10.97	
Segmento 24	1,768.00	50.00	1,732.51	46.75	1,695.89	43.47	1,657.77	40.20	1,622.20	37.00	1,584.82	33.71	1,547.47	30.49	1,510.55	27.23	1,474.36	24.05	1,438.26	20.76	1,402.33	17.51	1,366.63	14.22	1,331.63	10.94	
Segmento 25	1,768.00	50.00	1,730.68	46.73	1,693.97	43.47	1,659.20	40.24	1,621.41	36.97	1,585.36	33.69	1,549.17	30.43	1,513.28	27.23	1,475.42	24.05	1,440.39	20.77	1,401.52	17.52	1,367.41	14.20	1,330.46	10.94	
Segmento 26	1,768.00	50.00	1,731.62	46.74	1,694.36	43.49	1,659.21	40.23	1,621.33	36.97	1,586.74	33.71	1,549.45	30.43	1,512.37	27.24	1,476.11	24.04	1,437.62	20.76	1,404.97	17.48	1,365.09	14.20	1,331.52	10.92	
Segmento 27	1,768.00	50.00	1,729.80	46.75	1,693.37	43.47	1,660.16	40.21	1,622.09	36.99	1,585.06	33.68	1,550.36	30.48	1,513.35	27.23	1,477.74	24.06	1,437.88	20.73	1,404.17	17.47	1,364.65	14.23	1,330.19	10.93	
Segmento 28	1,768.00	50.00	1,731.61	46.73	1,693.67	43.46	1,659.00	40.23	1,620.50	36.99	1,584.40	33.72	1,549.42	30.49	1,514.05	27.26	1,477.29	24.01	1,438.71	20.76	1,402.91	17.46	1,366.89	14.21	1,330.49	10.95	
Segmento 29	1,768.00	50.00	1,730.19	46.73	1,694.07	43.49	1,658.78	40.23	1,623.96	36.97	1,587.07	33.72	1,548.22	30.44	1,512.98	27.26	1,474.43	24.02	1,438.71	20.76	1,404.25	17.51	1,367.59	14.22	1,329.36	10.93	
Segmento 30	1,768.00	50.00	1,731.82	46.74	1,696.47	43.47	1,656.99	40.24	1,623.77	37.00	1,584.22	33.69	1,550.34	30.49	1,511.70	27.23	1,476.47	24.01	1,438.28	20.72	1,404.19	17.52	1,364.84	14.19	1,328.75	10.96	
PROMEDIO	1,768.00	50.00	1,731.37	46.73	1,694.64	43.47	1,658.55	40.22	1,622.00	36.98	1,585.76	33.71	1,549.04	30.47	1,512.26	27.25	1,475.75	24.02	1,439.34	20.75	1,403.16	17.49	1,366.45	14.22	1,329.83	10.94	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Resultados de las mediciones en el segmento de poliuretano tipo engranaje

	Inspección 1 - 06/05/2019		Inspección 2 - 13/05/2019		Inspección 3 - 20/05/2019		Inspección 4 - 27/05/2019		Inspección 5 - 03/06/2019		Inspección 6 - 10/06/2019		Inspección 7 - 17/06/2019		Inspección 8 - 24/06/2019		Inspección 9 - 01/07/2019		Inspección 10 - 8/07/2019		Inspección 11 - 15/07/2019		Inspección 12 - 22/07/2019		Inspección 13 - 29/07/2019		Inspección 14 - 05/08/2019		Inspección 15 - 12/08/2019	
	Peso	Medida	Peso	Medida	Peso	Medida	Peso	Medida	Peso	Medida	Peso	Medida																		
Segmento 1	1,780.00	50.00	1,762.46	48.69	1,740.26	47.44	1,721.95	46.10	1,701.40	44.86	1,684.37	43.47	1,664.93	42.26	1,646.97	40.90	1,625.71	39.60	1,604.86	38.30	1,586.18	37.01	1,570.25	35.67	1,548.14	34.48	1,529.25	33.07	1,509.45	31.83
Segmento 2	1,780.00	50.00	1,762.61	48.72	1,741.41	47.38	1,723.10	46.10	1,704.54	44.84	1,685.00	43.50	1,664.26	42.27	1,646.72	40.90	1,625.27	39.64	1,605.83	38.30	1,589.46	37.02	1,569.33	35.76	1,548.44	34.46	1,529.78	33.15	1,510.63	31.89
Segmento 3	1,780.00	50.00	1,758.81	48.70	1,743.09	47.37	1,722.06	46.07	1,704.46	44.81	1,684.37	43.47	1,665.27	42.24	1,645.42	40.89	1,627.45	39.63	1,604.86	38.28	1,588.09	37.00	1,569.14	35.69	1,549.97	34.42	1,529.51	33.17	1,511.75	31.84
Segmento 4	1,780.00	50.00	1,761.93	48.73	1,741.29	47.40	1,722.59	46.05	1,701.20	44.78	1,682.04	43.54	1,664.59	42.18	1,643.64	40.91	1,627.34	39.62	1,607.50	38.29	1,588.79	37.05	1,570.25	35.73	1,550.16	34.42	1,530.23	33.13	1,510.00	31.80
Segmento 5	1,780.00	50.00	1,761.98	48.77	1,740.61	47.41	1,722.17	46.09	1,703.69	44.82	1,684.91	43.45	1,666.07	42.28	1,647.17	40.94	1,627.24	39.57	1,608.64	38.29	1,588.93	36.98	1,570.14	35.72	1,547.92	34.39	1,527.90	33.17	1,510.10	31.81
Segmento 6	1,780.00	50.00	1,760.30	48.74	1,740.64	47.43	1,723.96	46.08	1,701.66	44.76	1,682.16	43.52	1,662.50	42.27	1,646.48	40.85	1,627.99	39.66	1,605.52	38.23	1,585.79	36.96	1,568.98	35.73	1,550.18	34.48	1,529.14	33.17	1,509.10	31.87
Segmento 7	1,780.00	50.00	1,760.41	48.77	1,740.96	47.43	1,720.40	46.10	1,701.26	44.79	1,685.72	43.47	1,665.98	42.22	1,645.63	40.93	1,626.27	39.56	1,606.23	38.30	1,585.88	36.97	1,568.25	35.74	1,547.36	34.48	1,530.17	33.11	1,509.13	31.86
Segmento 8	1,780.00	50.00	1,761.30	48.67	1,741.27	47.36	1,723.40	46.07	1,704.13	44.85	1,685.37	43.47	1,662.95	42.19	1,646.51	40.90	1,626.49	39.57	1,605.69	38.22	1,585.72	36.99	1,567.87	35.66	1,548.58	34.39	1,528.44	33.10	1,511.23	31.87
Segmento 9	1,780.00	50.00	1,762.48	48.67	1,742.34	47.38	1,723.16	46.03	1,702.72	44.77	1,682.69	43.46	1,666.21	42.24	1,645.28	40.88	1,625.32	39.63	1,606.16	38.22	1,587.64	36.96	1,570.20	35.69	1,547.21	34.41	1,529.93	33.08	1,510.43	31.82
Segmento 10	1,780.00	50.00	1,761.45	48.72	1,739.57	47.41	1,720.30	46.09	1,701.12	44.84	1,685.45	43.53	1,664.25	42.20	1,647.08	40.93	1,625.98	39.62	1,607.03	38.28	1,586.49	37.05	1,566.77	35.75	1,548.40	34.49	1,531.67	33.08	1,510.95	31.83
Segmento 11	1,780.00	50.00	1,762.32	48.76	1,743.44	47.39	1,723.38	46.08	1,704.22	44.78	1,685.04	43.52	1,664.51	42.23	1,644.20	40.95	1,627.07	39.66	1,606.16	38.21	1,585.57	37.05	1,566.29	35.74	1,549.26	34.40	1,530.50	33.16	1,511.10	31.84
Segmento 12	1,780.00	50.00	1,759.33	48.76	1,739.97	47.45	1,720.47	46.05	1,702.75	44.81	1,685.63	43.54	1,666.49	42.28	1,644.14	40.95	1,626.88	39.58	1,607.81	38.31	1,586.01	36.98	1,569.77	35.68	1,547.57	34.40	1,530.04	33.12	1,508.56	31.86
Segmento 13	1,780.00	50.00	1,759.98	48.68	1,742.89	47.39	1,722.96	46.03	1,704.49	44.77	1,685.61	43.45	1,665.76	42.24	1,644.59	40.86	1,627.35	39.58	1,607.06	38.23	1,585.64	37.01	1,568.50	35.76	1,547.92	34.40	1,530.74	33.10	1,511.59	31.80
Segmento 14	1,780.00	50.00	1,761.63	48.68	1,743.05	47.45	1,720.58	46.07	1,703.09	44.80	1,682.11	43.50	1,665.19	42.27	1,643.71	40.89	1,626.60	39.57	1,606.29	38.30	1,586.16	37.01	1,568.49	35.71	1,549.31	34.42	1,530.24	33.13	1,511.71	31.88
Segmento 15	1,780.00	50.00	1,760.71	48.74	1,742.43	47.38	1,723.44	46.10	1,701.56	44.80	1,682.00	43.49	1,663.05	42.23	1,643.88	40.93	1,624.13	39.63	1,604.90	38.29	1,589.50	37.04	1,568.12	35.67	1,548.34	34.44	1,529.99	33.15	1,509.72	31.87
Segmento 16	1,780.00	50.00	1,761.77	48.75	1,741.78	47.44	1,723.43	46.09	1,704.13	44.78	1,685.29	43.54	1,664.22	42.24	1,645.22	40.89	1,625.88	39.61	1,607.60	38.21	1,585.93	36.98	1,568.29	35.73	1,548.46	34.47	1,528.34	33.09	1,511.86	31.83
Segmento 17	1,780.00	50.00	1,760.34	48.71	1,743.23	47.40	1,720.32	46.02	1,701.26	44.80	1,684.33	43.51	1,665.45	42.24	1,646.95	40.88	1,624.07	39.64	1,607.87	38.29	1,587.49	37.03	1,569.93	35.71	1,549.80	34.44	1,530.41	33.07	1,511.35	31.79
Segmento 18	1,780.00	50.00	1,759.11	48.74	1,742.61	47.38	1,722.82	46.11	1,701.99	44.82	1,684.45	43.52	1,663.48	42.26	1,646.24	40.93	1,627.24	39.64	1,608.04	38.29	1,585.71	37.01	1,568.01	35.74	1,550.57	34.48	1,531.43	33.08	1,510.19	31.87
Segmento 19	1,780.00	50.00	1,759.38	48.67	1,739.85	47.45	1,722.16	46.11	1,701.67	44.80	1,684.24	43.51	1,663.28	42.24	1,645.93	40.88	1,624.08	39.64	1,604.99	38.26	1,585.55	37.04	1,569.79	35.70	1,550.92	34.42	1,531.44	33.13	1,512.05	31.81
Segmento 20	1,780.00	50.00	1,762.23	48.67	1,742.05	47.41	1,722.51	46.06	1,702.54	44.84	1,681.98	43.49	1,666.38	42.18	1,645.09	40.90	1,626.28	39.57	1,607.66	38.29	1,586.71	37.01	1,569.44	35.75	1,549.92	34.42	1,530.68	33.16	1,510.01	31.82
Segmento 21	1,780.00	50.00	1,759.74	48.76	1,741.71	47.43	1,721.21	46.10	1,703.17	44.85	1,683.10	43.49	1,664.16	42.24	1,647.22	40.94	1,627.22	39.57	1,608.68	38.26	1,587.76	37.04	1,570.17	35.71	1,549.72	34.42	1,528.87	33.16	1,511.61	31.80
Segmento 22	1,780.00	50.00	1,760.91	48.67	1,743.00	47.39	1,721.63	46.11	1,704.56	44.80	1,684.57	43.47	1,663.17	42.21	1,646.46	40.94	1,626.19	39.64	1,606.91	38.30	1,588.79	36.98	1,566.80	35.75	1,547.00	34.49	1,528.83	33.17	1,510.35	31.79
Segmento 23	1,780.00	50.00	1,761.84	48.67	1,743.34	47.42	1,721.31	46.09	1,702.16	44.80	1,684.40	43.45	1,665.56	42.24	1,646.77	40.87	1,626.12	39.64	1,605.89	38.23	1,585.70	37.00	1,567.82	35.73	1,550.45	34.44	1,531.40	33.10	1,509.13	31.82
Segmento 24	1,780.00	50.00	1,762.28	48.67	1,740.93	47.37	1,722.99	46.08	1,701.99	44.84	1,683.72	43.47	1,664.03	42.23	1,643.29	40.89	1,626.98	39.66	1,605.61	38.30	1,587.11	36.97	1,567.24	35.75	1,550.67	34.43	1,528.73	33.07	1,510.47	31.87
Segmento 25	1,780.00	50.00	1,760.10	48.68	1,743.43	47.44	1,721.60	46.02	1,701.84	44.85	1,683.86	43.49	1,664.97	42.20	1,644.09	40.90	1,624.07	39.64	1,605.90	38.29	1,589.17	37.00	1,567.36	35.73	1,548.86	34.47	1,530.05	33.17	1,512.43	31.81
Segmento 26	1,780.00	50.00	1,759.87	48.68	1,739.55	47.39	1,720.57	46.09	1,701.88	44.80	1,685.05	43.45	1,663.60	42.23	1,646.22	40.89	1,626.58	39.64	1,608.51	38.31	1,588.32	36.96	1,568.92	35.76	1,548.54	34.46	1,531.30	33.12	1,510.99	31.84
Segmento 27	1,780.00	50.00	1,762.56	48.77	1,741.60	47.43	1,724.24	46.11	1,704.25	44.78	1,682.40	43.53	1,663.87	42.24	1,647.17	40.91	1,626.49	39.56	1,606.17	38.31	1,587.17	37.04	1,568.48	35.76	1,549.31	34.49	1,531.71	33.16	1,510.45	31.81
Segmento 28	1,780.00	50.00	1,760.38	48.77	1,740.33	47.36	1,721.37	46.12	1,703.41	44.77	1,682.14	43.54	1,665.94	42.26	1,646.32	40.86	1,624.89	39.61	1,605.23	38.31	1,586.33	37.05	1,569.44	35.67	1,548.36	34.40	1,531.11	33.14	1,508.73	31.80
Segmento 29	1,780.00	50.00	1,759.65	48.71	1,739.99	47.44	1,721.87	46.03	1,703.65	44.83	1,685.33	43.46	1,664.16	42.25	1,645.90	40.94	1,627.23	39.64	1,608.32	38.22	1,588.43	36.96	1,569.66	35.69	1,549.22	34.41	1,528.24	33.07	1,510.48	31.84
Segmento 30	1,780.00	50.00	1,761.83	48.74	1,740.11	47.39	1,722.97	46.02	1,701.62	44.85	1,682.00	43.47	1,664.77	42.21	1,645.58	40.88	1,625.79	39.66	1,606.42	38.26	1,586.02	37.04	1,569.52	35.68	1,550.59	34.40	1,531.56	33.08	1,509.64	31.80
PROMEDIO	1,780.00	50.00	1,760.99	48.72	1,741.56	47.41	1,722.16	46.08	1,702.75	44.81	1,683.98	43.49	1,664.64	42.24	1,645.66	40.90	1,626.21	39.62	1,606.61	38.27	1,587.07	37.01	1,568.77	35.72	1,549.04	34.44	1,530.05	33.12	1,510.51	31.83

Inspección 16 - 19/08/2019		Inspección 17 - 26/08/2019		Inspección 18 - 02/09/2019		Inspección 19 - 09/09/2019		Inspección 20 - 16/09/2019		Inspección 21 - 23/09/2019		Inspección 22 - 30/09/2019		Inspección 23 - 7/10/2019		Inspección 24 - 14/10/2019		Inspección 25 - 21/10/2019		Inspección 26 - 28/10/2019		Inspección 27 - 04/11/2019		Inspección 28 - 11/11/2019		Inspección 29 - 18/11/2019		Inspección 30 - 25/11/2019		Inspección 31 - 02/12/2019	
Peso	Medida	Peso	Medida	Peso	Medida	Peso	Medida	Peso	Medida	Peso	Medida	Peso	Medida	Peso	Medida	Peso	Medida	Peso	Medida												
1,489.85	30.54	1,471.37	29.14	1,453.00	27.92	1,431.88	26.60	1,415.11	25.32	1,396.25	24.02	1,374.62	22.76	1,356.39	21.48	1,338.01	20.10	1,317.64	18.86	1,299.26	17.46	1,278.87	16.19	1,258.34	14.91	1,239.91	13.68	1,223.59	12.30	1,201.19	10.98
1,489.27	30.54	1,470.10	29.15	1,452.72	27.99	1,434.30	26.63	1,413.50	25.31	1,396.41	24.01	1,376.67	22.77	1,356.62	21.47	1,337.13	20.12	1,317.84	18.82	1,299.88	17.54	1,277.73	16.23	1,258.57	14.94	1,240.56	13.67	1,222.24	12.27	1,201.21	10.97
1,492.60	30.48	1,472.74	29.24	1,452.84	27.91	1,432.46	26.57	1,412.42	25.31	1,394.36	23.97	1,376.69	22.71	1,355.06	21.43	1,335.33	20.12	1,318.89	18.83	1,296.89	17.46	1,278.34	16.20	1,260.82	14.91	1,241.91	13.67	1,220.36	12.28	1,203.42	10.99
1,489.72	30.53	1,472.61	29.18	1,454.18	27.91	1,434.81	26.63	1,414.30	25.35	1,395.42	23.99	1,374.20	22.71	1,356.49	21.49	1,335.41	20.10	1,317.07	18.87	1,300.20	17.48	1,280.73	16.20	1,259.31	14.92	1,239.61	13.65	1,220.34	12.36	1,203.91	11.00
1,491.53	30.48	1,471.95	29.21	1,451.72	27.95	1,434.01	26.64	1,413.71	25.35	1,394.66	24.04	1,375.03	22.77	1,357.88	21.44	1,335.57	20.12	1,317.45	18.85	1,298.31	17.50	1,281.12	16.26	1,258.70	14.97	1,242.25	13.66	1,219.87	12.36	1,202.25	10.94
1,490.82	30.51	1,473.44	29.19	1,452.70	27.95	1,433.97	26.62	1,414.02	25.33	1,395.96	23.99	1,375.81	22.72	1,357.30	21.40	1,336.49	20.10	1,316.35	18.78	1,299.43	17.49	1,277.96	16.29	1,261.95	15.00	1,241.24	13.64	1,220.64	12.30	1,200.81	10.97
1,492.42	30.54	1,472.46	29.21	1,453.24	27.94	1,434.28	26.58	1,413.74	25.30	1,396.46	24.01	1,376.75	22.74	1,354.80	21.46	1,337.20	20.07	1,316.75	18.82	1,296.79	17.55	1,279.54	16.29	1,261.81	14.97	1,240.37	13.66	1,220.45	12.33	1,203.44	11.00
1,490.19	30.46	1,473.60	29.17	1,451.94	27.91	1,433.13	26.64	1,414.87	25.38	1,393.15	23.98	1,375.67	22.71	1,355.81	21.41	1,337.75	20.12	1,319.93	18.78	1,300.70	17.52	1,279.76	16.23	1,261.69	14.99	1,241.02	13.60	1,220.62	12.26	1,204.29	10.98
1,490.15	30.46	1,471.61	29.15	1,451.18	27.98	1,433.93	26.57	1,413.46	25.38	1,394.22	23.98	1,376.67	22.79	1,355.20	21.39	1,337.05	20.05	1,317.09	18.87	1,297.14	17.45	1,280.42	16.29	1,261.38	14.93	1,239.73	13.63	1,222.81	12.35	1,203.41	10.98
1,492.19	30.48	1,471.57	29.18	1,451.36	27.90	1,432.24	26.66	1,414.39	25.36	1,396.36	23.95	1,374.29	22.80	1,358.22	21.44	1,336.77	20.11	1,319.08	18.87	1,299.87	17.53	1,278.33	16.26	1,259.60	14.93	1,239.55	13.66	1,223.12	12.33	1,203.06	11.00
1,489.85	30.46	1,470.60	29.19	1,452.49	27.89	1,431.81	26.60	1,415.67	25.38	1,396.64	24.05	1,375.77	22.71	1,358.35	21.42	1,335.25	20.15	1,318.01	18.80	1,299.88	17.49	1,280.60	16.23	1,260.31	14.93	1,239.12	13.66	1,219.84	12.36	1,203.88	10.95
1,492.01	30.52	1,473.72	29.14	1,451.91	27.96	1,433.86	26.65	1,413.32	25.29	1,394.78	23.99	1,376.40	22.75	1,355.66	21.44	1,337.70	20.05	1,317.45	18.80	1,299.96	17.51	1,279.38	16.28	1,261.67	14.98	1,242.76	13.69	1,221.39	12.27	1,201.34	10.94
1,490.95	30.46	1,472.46	29.16	1,451.30	27.95	1,433.60	26.56	1,414.98	25.31	1,394.42	23.97	1,375.88	22.71	1,354.88	21.41	1,339.05	20.14	1,318.17	18.83	1,299.04	17.51	1,278.70	16.27	1,260.92	14.96	1,242.27	13.62	1,223.20	12.26	1,202.77	10.91
1,489.54	30.46	1,471.62	29.18	1,453.75	27.96	1,431.67	26.59	1,414.46	25.34	1,394.66	23.97	1,376.80	22.80	1,357.01	21.39	1,338.49	20.13	1,319.79	18.77	1,299.35	17.52	1,279.59	16.29	1,261.38	14.96	1,239.82	13.60	1,220.62	12.33	1,202.90	10.92
1,492.88	30.53	1,471.95	29.15	1,453.90	27.93	1,434.37	26.58	1,414.08	25.35	1,393.79	24.04	1,377.25	22.71	1,356.39	21.49	1,337.66	20.07	1,317.66	18.81	1,296.87	17.55	1,280.04	16.20	1,260.24	14.93	1,240.54	13.64	1,220.70	12.34	1,200.72	11.00
1,491.66	30.46	1,471.62	29.23	1,452.55	27.99	1,435.01	26.63	1,415.85	25.28	1,394.17	23.97	1,376.24	22.71	1,357.77	21.40	1,336.80	20.12	1,319.39	18.82	1,297.29	17.54	1,279.59	16.28	1,259.78	14.95	1,240.10	13.70	1,220.50	12.29	1,202.31	11.00
1,491.13	30.48	1,470.08	29.14	1,453.14	27.98	1,434.28	26.62	1,413.76	25.36	1,396.98	23.99	1,377.55	22.70	1,355.39	21.46	1,338.16	20.13	1,319.56	18.87	1,299.81	17.49	1,279.14	16.29	1,260.86	14.96	1,242.72	13.61	1,220.74	12.32	1,200.85	10.95
1,491.37	30.51	1,471.87	29.23	1,453.51	27.89	1,434.88	26.57	1,415.60	25.29	1,395.29	24.05	1,376.67	22.79	1,355.84	21.39	1,339.08	20.09	1,316.81	18.82	1,300.41	17.53	1,281.13	16.29	1,261.53	14.95	1,240.60	13.66	1,221.95	12.31	1,202.86	10.91
1,491.39	30.52	1,472.96	29.18	1,453.32	27.94	1,431.76	26.66	1,415.37	25.34	1,394.15	23.96	1,375.96	22.72	1,354.60	21.39	1,338.64	20.11	1,319.26	18.82	1,300.00	17.46	1,281.16	16.23	1,260.33	14.91	1,242.99	13.64	1,220.08	12.27	1,202.98	10.97
1,490.72	30.50	1,470.33	29.16	1,453.13	27.96	1,433.99	26.58	1,412.70	25.34	1,393.72	24.02	1,374.76	22.77	1,356.74	21.39	1,335.84	20.09	1,319.85	18.77	1,299.45	17.45	1,280.84	16.23	1,261.26	15.00	1,239.03	13.66	1,222.50	12.36	1,200.93	10.91
1,492.33	30.54	1,473.73	29.19	1,451.09	27.97	1,434.56	26.57	1,413.30	25.38	1,394.42	24.00	1,375.40	22.70	1,356.36	21.44	1,335.26	20.15	1,316.86	18.82	1,298.24	17.47	1,278.67	16.23	1,260.07	14.92	1,241.54	13.69	1,223.40	12.34	1,201.14	11.01
1,491.51	30.47	1,470.98	29.17	1,450.90	27.89	1,431.79	26.64	1,414.06	25.34	1,394.71	24.02	1,374.66	22.76	1,355.62	21.49	1,336.64	20.14	1,317.10	18.86	1,297.36	17.54	1,279.25	16.24	1,259.58	14.97	1,241.69	13.66	1,221.09	12.31	1,204.28	10.93
1,491.81	30.49	1,473.63	29.17	1,452.26	27.89	1,433.32	26.61	1,415.78	25.30	1,394.81	23.98	1,377.06	22.79	1,356.30	21.39	1,336.53	20.07	1,319.56	18.83	1,299.00	17.52	1,280.42	16.22	1,259.42	14.91	1,239.63	13.63	1,219.83	12.32	1,200.63	10.94
1,489.46	30.52	1,470.69	29.20	1,450.98	27.97	1,432.07	26.65	1,413.85	25.30	1,393.64	24.02	1,374.61	22.78	1,358.29	21.43	1,336.42	20.13	1,317.15	18.81	1,299.90	17.53	1,278.27	16.23	1,259.33	14.97	1,240.92	13.63	1,220.52	12.35	1,202.41	10.93
1,492.54	30.49	1,473.24	29.24	1,453.08	27.99	1,432.75	26.60	1,413.72	25.34	1,395.13	23.95	1,373.86	22.74	1,357.70	21.47	1,336.05	20.10	1,318.66	18.87	1,296.75	17.47	1,278.20	16.28	1,261.47	14.96	1,241.01	13.68	1,222.65	12.26	1,204.49	10.99
1,492.96	30.45	1,470.50	29.18	1,453.38	27.90	1,433.25	26.64	1,413.52	25.37	1,393.23	23.96	1,375.37	22.75	1,355.24	21.41	1,338.01	20.13	1,318.99	18.85	1,298.23	17.45	1,278.38	16.24	1,258.30	14.94	1,239.89	13.60	1,220.57	12.27	1,203.44	11.01
1,492.58	30.55	1,472.98	29.19	1,453.72	27.97	1,433.86	26.57	1,412.35	25.29	1,393.19	24.01	1,377.64	22.79	1,357.91	21.42	1,336.77	20.11	1,316.90	18.81	1,296.77	17.51	1,278.57	16.25	1,259.78	15.00	1,243.00	13.68	1,221.13	12.30	1,204.49	10.98
1,489.57	30.51	1,471.04	29.18	1,451.82	27.93	1,432.34	26.57	1,414.74	25.31	1,396.60	23.99	1,376.96	22.70	1,358.38	21.43	1,336.06	20.12	1,316.26	18.81	1,297.04	17.47	1,279.31	16.26	1,258.47	14.98	1,242.82	13.68	1,223.33	12.29	1,203.70	11.00
1,491.90	30.47	1,470.52	29.23	1,452.10	27.99	1,432.74	26.60	1,414.00	25.30	1,393.02	24.02	1,376.72	22.72	1,357.01	21.40	1,338.82	20.09	1,316.68	18.86	1,298.27	17.47	1,279.09	16.29	1,258.26	15.01	1,239.86	13.62	1,221.89	12.26	1,203.97	11.01
1,490.75	30.51	1,470.85	29.14	1,451.56	27.91	1,431.53	26.59	1,414.15	25.28	1,396.38	24.02	1,375.32	22.76	1,356.12	21.47	1,338.11	20.13	1,317.53	18.85	1,299.76	17.52	1,280.15	16.26	1,260.13	14.91	1,242.61	13.64	1,221.04	12.35	1,203.18	10.91
1,491.19	30.50	1,471.89	29.18	1,452.49	27.94	1,433.28	26.61	1,414.16	25.33	1,394.90	24.00	1,375.91	22.74	1,356.51	21.43	1,337.07	20.11	1,317.99	18.83	1,298.73	17.50	1,279.44	16.25	1,260.18	14.95	1,240.97	13.65	1,221.3			

Anexo 3: Formato de inspección semanal de lavadora de arena

Operador 1er turno:		Fecha:			
Operador 2do turno:		Frecuencia:	SEMANAL		
Equipo	Plan de inspección	Resp.	VoBo 1er Turno	VoBo 2do Turno	Observaciones
Tolva de alimentación	Inspeccionar estado del vibrador (pernos, soporte)	Mecánico			
Cintas transportadora de alimentación	Inspeccionar y/o cambiar polines de impacto de la faja de alimentación.	Mecánico			
	Inspeccionar y/o cambiar polines de retorno de la faja de alimentación.	Mecánico			
	Inspeccionar y/o cambiar polines guías de la faja de alimentación.	Mecánico			
	Inspeccionar estado y tensión de la cadena de transmisión.	Mecánico			
	Inspeccionar limpiador en V (si en caso tiene).	Mecánico			
Cintas transportadora ascendente	Inspeccionar y/o cambiar polines de carga central.	Mecánico			
	Inspeccionar y/o cambiar polines de carga laterales. (diagonales)	Mecánico			
	Inspeccionar y/o cambiar polines de retorno.	Mecánico			
	Inspeccionar estado de acople del moto reductor. (accionamiento).	Mecánico			
	Inspeccionar limpiador en V (si en caso tiene).	Mecánico			
Tornillo si fin mclanahan	Inspeccionar segmentos de los transportadores helicoidales (desgaste).	Mecánico			
	Inspeccionar sellos de estanqueidad en las chumaceras lado libre.	Mecánico			
	Inspeccionar estado de correas de transmisión en "V". (agrietamientos, cortes).	Mecánico			
	Inspeccionar estado de las poleas motriz y conducidas de ambos accionamientos.	Mecánico			
	Inspeccionar estado de las estructuras (fisuras rajaduras).	Mecánico			
	Inspeccionar estado de desgaste de la tolva (agujeros, fisuras)	Mecánico			
Cintas transportadora ascendente de salida	Inspeccionar y/o cambiar polines de carga central.	Mecánico			
	Inspeccionar y/o cambiar polines de carga laterales.	Mecánico			
	Inspeccionar y/o cambiar polines de retorno.	Mecánico			
	Inspeccionar limpiador en V (si en caso tiene).	Mecánico			
	Inspeccionar estado de correas de transmisión en "V".	Mecánico			
Adicionales:					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Análisis del presupuesto para el cambio de segmentos de la lavadora de arena

Tipo de segmento	Presupuesto para equipos de la planta de agregados (por metro cubico)	Presupuesto para lavadora de arena (por metro cubico)	Presupuesto para el cambio de segmento (por metro cubico)	Costo por cambio de segmento de poliuretano (por metro cubico)	Diferencia	Observaciones
Segmento de poliuretano normal	4.5	0.84	0.82	1.22	- 0.39	No cumple con el presupuesto designado para el cambio de segmentos
Segmento de poliuretano tipo engranaje	4.5	0.84	0.82	0.37	0.45	Cumple con el presupuesto designado para el cambio de segmentos

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Confiabilidad en base a la Ecuación exponencial

Horas de operación	Confiabilidad, %	
	Segmento Normal	Segmento Engranaje
0	100.00%	100.00%
100	87.64%	93.69%
200	76.81%	87.77%
300	67.32%	82.23%
400	59.00%	77.04%
500	51.70%	72.18%
600	45.31%	67.62%
700	39.71%	63.35%
800	34.81%	59.35%
900	30.50%	55.60%
1000	26.73%	52.09%
1100	23.43%	48.80%
1200	20.53%	45.72%
1300	18.00%	42.84%
1400	15.77%	40.13%
1500	13.82%	37.60%
1600	12.11%	35.23%
1700	10.62%	33.00%
1800	9.30%	30.92%
1900	8.15%	28.97%
2000	7.15%	27.14%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Formato de inspección semanal de segmentos de helicoidales

Operador 1er turno:		Fecha:		
Operador 2do turno:		Frecuencia:	SEMANAL	
Inspeccionar segmentos de los transportadores helicoidales (desgaste).				
Helicoidal LH				
Semana	Fecha	Medida del desgaste (mm)		Peso (gr)
1		Inferior		
		Intermedio		
		Superior		
2		Inferior		
		Intermedio		
		Superior		
3		Inferior		
		Intermedio		
		Superior		
Helicoidal RH				
Semana	Fecha	Medida del desgaste (mm)		Peso (gr)
1		Inferior		
		Intermedio		
		Superior		
2		Inferior		
		Intermedio		
		Superior		
3		Inferior		
		Intermedio		
		Superior		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Cotización de los segmentos de poliuretano sin modificar o normales



RUC: 20601590400

Arequipa, 26 de Abril del 2018

Señores Concretos Supermix S.A

Variante de Uchumayo Km 5.5 Cerro Colorado

Atención: Oscar Monroy

Cotización Nro.:	SUPERMIX18-0041
Nro. De Orden:	
Nro. De Solicitud:	

Referencia: **Servicio de fabricación de segmentos de poliuretano**

Estimados señores:

Tenemos el agrado de hacerles llegar nuestra mejor propuesta para su referencia.

Item	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
01	200	Und.	Servicio de fabricación de segmentos de poliuretano dureza shore 95 A medidas y especificaciones según muestra entregada por el cliente	\$ 68.00	\$ 13,600.00
				Sub Total	\$ 13,600.00
				IGV 18%	\$ 2,448.00
				TOTAL	\$ 16,048.00

Condiciones:

- Valor de venta es: Dieciséis mil cuarenta y ocho con 00/100 Dolares.
- Lugar de entrega: Planta del Cliente.
- Validez de Oferta: 15 días calendarios.
- Tiempo de entrega: 15 días

Esperando ser favorecidos con su orden de compra, Quedo a su entera disposición.

Víctor Málaga Dézar

SOLVIMAN SCRL
RPC 992894924

Fuente: Empresa de agregados

Anexo 8: Cotización de los segmentos de poliuretano tipo engranaje



RUC: 20601590400

Arequipa, 11 de marzo del 2019

Señores **Concretos Supermix S.A.**

Variante de Uchumayo Km 5.5 Cerro Colorado

Cotización Nro.:	SUPERMIX18-0094
Nro. De Orden	
Nro. De Solicitud	

Atención: Oscar Monroy

Referencia: **Servicio de fabricación de segmentos de poliuretano**

Estimados señores:

Tenemos el gusto de hacerles la entrega de la propuesta para su referencia.

Item	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio unitario	Precio total
01	400	Und	Servicio de fabricación de segmentos de poliuretano dureza shore 95 A medidas y especificaciones según muestra	\$ 70.00	\$ 28,000.00
				Subtotal	\$ 28,000.00
				IGV 18%	\$ 5,040.00
				TOTAL	\$ 33,040.00

Condiciones:

- Valor de venta es: Treinta y tres mil cuarenta con 00/100 Dolares
- Lugar de entrega: Planta del Cliente
- Validez de la oferta: 15 días calendarios
- Tiempo de entrega: 15 días

Esperando ser favorecidos con su orden de compra, Quedo a su entera disposición.

Víctor Málaga Dézar

SOLVIMAN SCRL

RPC 992894924

Fuente: Empresa de agregados

Anexo 9: Evidencia fotográfica



Fuente: Elaboración propia

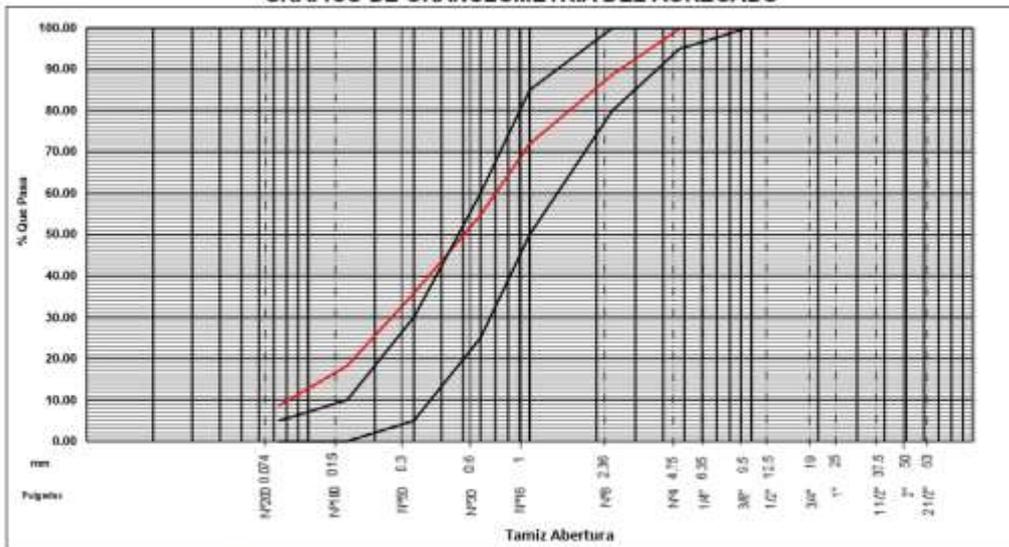
Anexo 10: Prueba del material antes de ser lavado - segmento tipo engranaje

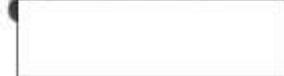
GRANULOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO HASTA MALLA 2 1/2"					
MATERIAL : Arena Gruesa			MUESTRA No : 1		
CANTERA: _____			FECHA DE MUESTREO : 31/08/2020		
PROCEDENCIA: _____			FECHA DE INGRESO : 31/08/2020		
ANALIZADO POR: _____			FECHA DE ANÁLISIS : 31/08/2020		
GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	NTP 400.037
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
Nº 4	2.00	0.18	0.18	99.82	95-100
Nº 8	126.00	11.13	11.31	88.69	80-100
Nº 16	189.00	16.70	28.00	72.00	50-85
Nº 30	196.00	17.31	45.32	54.68	25-60
Nº 50	214.00	18.90	64.22	35.78	5-30
Nº 100	198.00	17.49	81.71	18.29	0-10
Nº 200	109.00	9.63	91.34	8.66	0-5
<Nº 200	98.00	8.66	100.00	0.00	-
TOTAL:	1132.00	100.00			

PROPIEDADES FÍSICAS	
MODULO DE FINURA	2.31
TAMAÑO MAX. NOM.	-
PESO ESP. SSS	-
PESO VOL. COMPAC.	-
PESO VOL. SUELTO	-
% ABSORCIÓN	-
% HUMEDAD	-
% MALLA < # 200	8.66
HUSO	ARENA

OBSERVACIONES:	
La curva de la arena corresponde a la gradación NTP 400.037 y ASTM C-33	
La arena no cumple los parámetros establecidos en las normas.	
Antes del proceso de lavado	

GRÁFICO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO



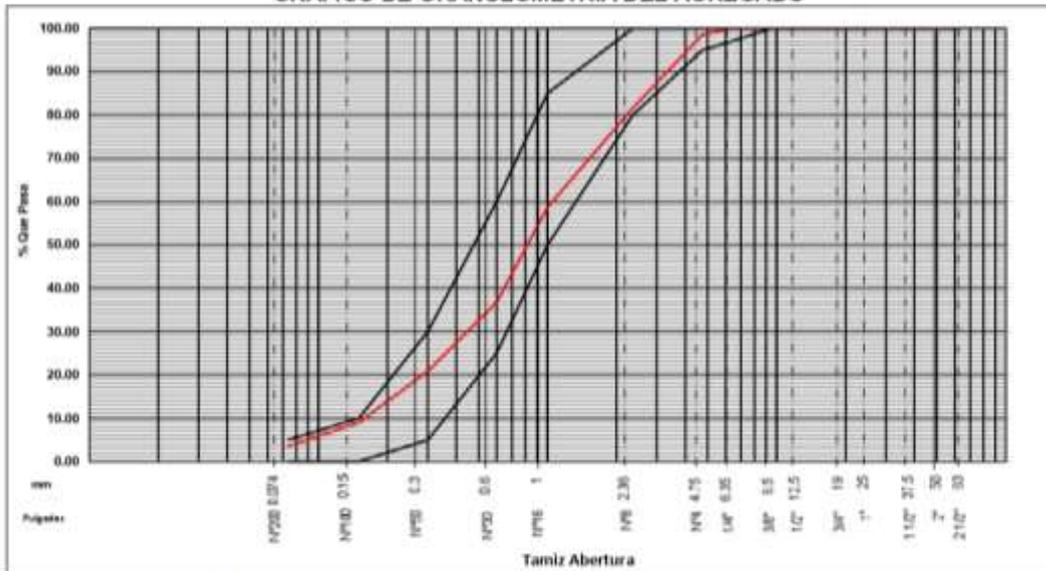



Fuente: Empresa de agregados

Anexo 11: Prueba del material después de ser lavado - segmento tipo engranaje

GRANULOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO HASTA MALLA 2 1/2"					
MATERIAL: Arena Gruesa			MUESTRA No: 2		
CANTERA: _____			FECHA DE MUESTREO: 31/08/2020		
PROCEDENCIA: _____			FECHA DE INGRESO: 31/08/2020		
ANALIZADO POR: _____			FECHA DE ANÁLISIS: 31/08/2020		
GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	NTP 400.037
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
Nº 4	15.00	1.45	1.45	98.55	95-100
Nº 8	175.00	16.89	18.34	81.66	80-100
Nº 16	238.00	22.97	41.31	58.69	50-85
Nº 30	227.00	21.91	63.22	36.78	25-60
Nº 50	165.00	15.93	79.15	20.85	5-30
Nº 100	123.00	11.87	91.02	8.98	0-10
Nº 200	56.00	5.41	96.43	3.57	0-5
<Nº 200	37.00	3.57	100.00	0.00	-
TOTAL:	1036.00	100.00			
PROPIEDADES FÍSICAS					
MODULO DE FINURA	2.94				
TAMAÑO MAX. NOM.	_____				
PESO ESP. SSS	_____ kg/m ³				
PESO VOL. COMPAC.	_____ kg/m ³				
PESO VOL. SUELTO	_____ kg/m ³				
% ABSORCIÓN	_____ %				
% HUMEDAD	_____ %				
% MALLA < # 200	3.57 %				
HUSO	ARENA				
OBSERVACIONES:					
La curva de la arena corresponde a la gradación NTP 400.037 y ASTM C-33					
La arena cumple los parámetros establecidos en las normas.					
Después del proceso de lavado					

GRÁFICO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO





 C

Fuente: Empresa de agregados

Anexo 12: Media, Mediana, Varianza de los desgastes de los segmentos de poliuretano

Descriptivos

			Estadístico	Desv. Error
Desgaste del Segmento Tradicional	Media		3,2550	,00609
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,2416	
		Límite superior	3,2684	
	Media recortada al 5%		3,2556	
	Mediana		3,2600	
	Varianza		,000	
	Desv. Desviación		,02111	
	Mínimo		3,22	
	Máximo		3,28	
	Rango		,06	
	Rango intercuartil		,03	
	Asimetría		-,592	,637
	Curtosis		-,827	1,232
Desgaste del Segmento Engranaje	Media		1,2975	,00789
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,2801	
		Límite superior	1,3149	
	Media recortada al 5%		1,2972	
	Mediana		1,2900	
	Varianza		,001	
	Desv. Desviación		,02734	
	Mínimo		1,26	
	Máximo		1,34	
	Rango		,08	
	Rango intercuartil		,06	
	Asimetría		,282	,637
	Curtosis		-1,471	1,232

Fuente: Empresa de agregados

Anexo 13: Ficha técnica del poliuretano

ADIPRENE® L 167 Liquid urethane polymer	PRODUCT DATA
Urethane Prepolymers	<p data-bbox="699 568 1078 629" style="text-align: center;">ADIPRENE® L 167 A LIQUID URETHANE ELASTOMER</p> <p data-bbox="555 730 1222 1010">ADIPRENE L 167 urethane rubber is one of a series of liquid urethane polymers which can be cured to a strong, rubbery solid by reaction of the isocyanate groups with polyamine or polyol compounds. When cured with MBCA¹ curing agent, ADIPRENE L 167 yields vulcanizates in the 95A durometer hardness range. Lower hardness values and special properties can be obtained with other curing systems. Cured ADIPRENE L 167 has high tensile strength and resilience and excellent properties at low temperatures. It is resistant to abrasion, compression set, oils, solvents, oxidation and ozone. ADIPRENE L 167 can be cast or sprayed to produce a variety of molded goods and protective and decorative coatings.</p> <p data-bbox="555 1037 1222 1086">Typical properties of liquid ADIPRENE L 167 are shown in <i>Table I</i> and typical vulcanizate properties in <i>Table II</i> on the following page.</p>

Anexo 14: Ficha técnica del poliuretano

ADIPRENE® L 167 Liquid urethane polymer	PRODUCT DATA
<i>Urethane Prepolymers</i>	<p style="text-align: center;">ADIPRENE® L 167 A LIQUID URETHANE ELASTOMER</p> <p>ADIPRENE L 167 urethane rubber is one of a series of liquid urethane polymers which can be cured to a strong, rubbery solid by reaction of the isocyanate groups with polyamine or polyol compounds. When cured with MBCA¹ curing agent, ADIPRENE L 167 yields vulcanizates in the 95A durometer hardness range. Lower hardness values and special properties can be obtained with other curing systems. Cured ADIPRENE L 167 has high tensile strength and resilience and excellent properties at low temperatures. It is resistant to abrasion, compression set, oils, solvents, oxidation and ozone. ADIPRENE L 167 can be cast or sprayed to produce a variety of molded goods and protective and decorative coatings.</p> <p>Typical properties of liquid ADIPRENE L 167 are shown in <i>Table I</i> and typical vulcanizate properties in <i>Table II</i> on the following page.</p>

Anexo 15: Ficha técnica del poliuretano

ADIPRENE L 167 TYPICAL VULCANIZATE PROPERTIES

TABLE II

ADIPRENE L 167 (6.32% NCO)	100
MBCA (100% theory)	19.1 ^b
Mixing and Curing	
Mix Temperature, °F (°C) ^c	185 (85)
Cure, hours/ °F (°C)	1 at 100 (212)
Postcure, hours/ °F (°C).....	16 at 158 (70)
<small>Test specimens conditioned one week at 24°C (75°F) and 50% RH before testing.</small>	
Pot life at mix temperature, minutes	6
Demolding time for a 2 to 10lb. (0.90 o 4.54 kg)	
Casting at 212°F (100°C) minutes	15
Physical Properties	Typical Values
Hardness, durometer A	95
100% Modulus, psi (MPa)	1800 (12.4)
300% Modulus, psi (MPa)	3400 (23.4)
Tensile Strength, psi (MPa)	5000 (34.5)
Elongation at Break, %	400
Tear Strength (ASTM D-470), lb/in (kN/m)	150 (26.2)
Tear Strength (Die C) lb/in (kN/m)	500 (87.5)
Compression Set (Method B)	
(22 hours at 70°C [158°F]), %	40
Resilience (Rebound), %	40
Abrasion Resistance, NBS Index	300
Brittleness Temperature (Solenoid), °F (°C)	<-94 (<-70)
Torsional Stiffness (Clash-Berg Method), psi (MPa)	
75°F (24°C).....	2400 (16.8)
-0°F (-18°C).....	7150 (49.3)
-40°F (-40°C).....	16500 (113.7)
-70°F (-57°C).....	80000 (552)
Thermal conductivity, BTU (hr) (sq ft) (°F/in) (W/m•K).....	0.86 (12.4)
Linear coefficient of thermal expansion, in./in./°F (°C ⁻¹)	
-32 to 32°F (-36 to 0°C).....	1.27 x 10 ⁻⁴ (2.30 x 10 ⁻⁴)
32 to 75°F (0 to 24°C).....	0.89 x 10 ⁻⁴ (1.60 x 10 ⁻⁴)
75 to 212°F (24 to 100°C).....	0.89 x 10 ⁻⁴ (1.60 x 10 ⁻⁴)
212 to 302°F (100 to 150°C).....	0.69 x 10 ⁻⁴ (1.24 x 10 ⁻⁴)
Specific Gravity at 24°C (75°F).....	1.14

^b the desired amount of MBCA can be determined by using the formula:

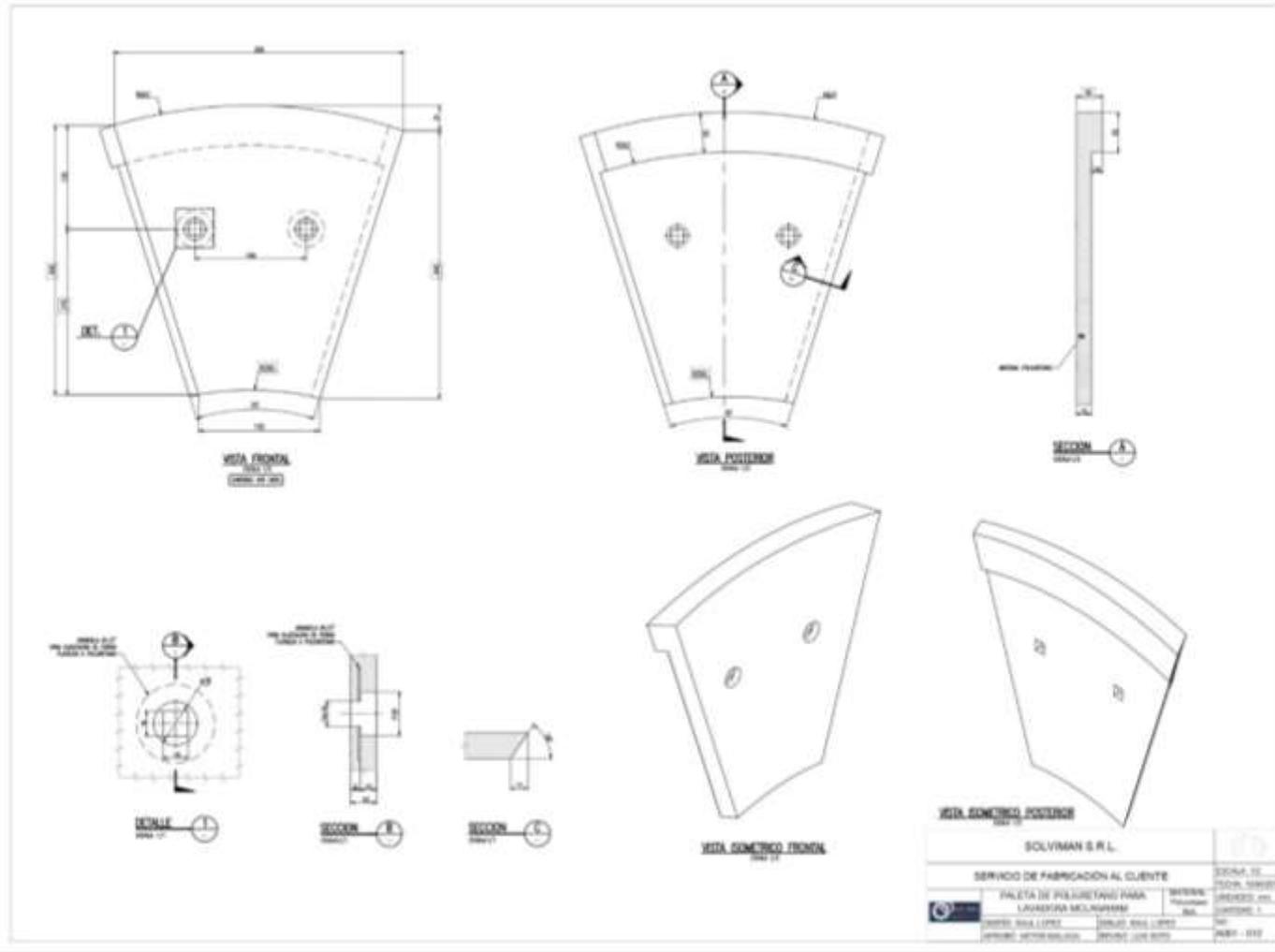
$$\text{parts MBCA per 100 parts polymer} = \frac{\% \text{NCO} \times 3.18 \times \% \text{theory}}{100}$$

^c MBCA at 250°F (121°C)

EXAMPLE: polymer NCO= 6.32 desired % theory = 95%

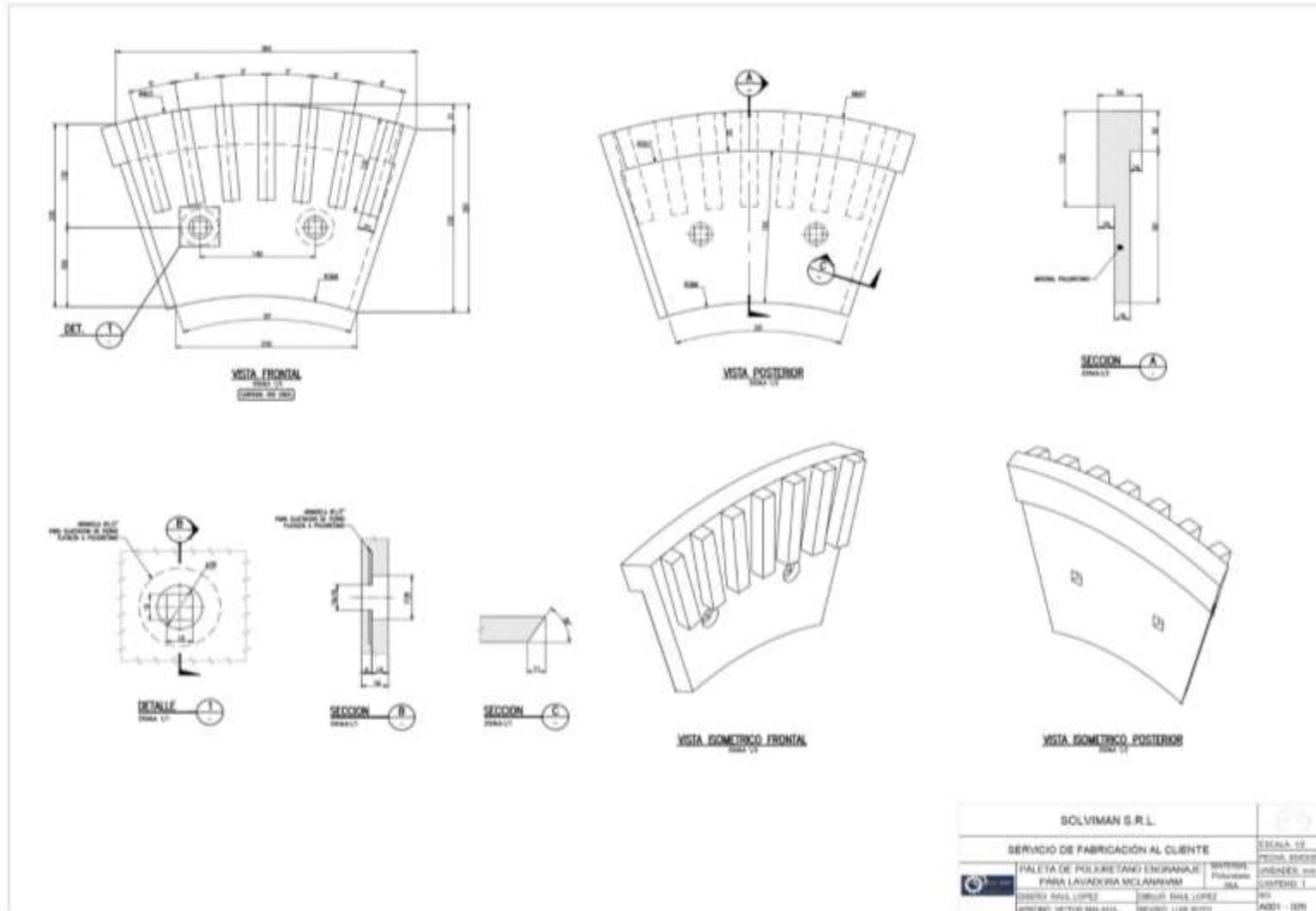
$$\frac{(6.32)(3.18)(95)}{100} = 19.1 \text{ parts MBCA per 100 parts Adiprene L 167}$$

PLANOS
Plano 1: Segmentos de poliuretano sin modificar



Fuente: Empresa de agregados

Plano 2: Segmentos de poliuretano tipo engranaje



Fuente: Empresa de agregados

Anexo 16: Ficha de fabricante - Balanza

PARA SU SEGURIDAD



Solamente puede trabajar sin peligro con el aparato si lee íntegramente las instrucciones de manejo y las indicaciones de seguridad, ateniéndose estrictamente a las recomendaciones allí comprendidas.

- No manipular nunca el interior del equipo.

PRECAUCIÓN DEL APARATO

- Evitar golpes sobre el dispositivo receptor de carga.
- No emplear objetos puntiagudos para pulsar sobre el teclado.
- Evitar la exposición al sol.
- No limpiar el instrumento con disolvente.
- Conectar sólo a AC 220 V 50 Hz., ó utilizar batería recargable de 6V / 4Ah.
- No verter agua u otro tipo de líquido directamente sobre el equipo.
- Comprobar las conexiones antes de poner en marcha el equipo y comprobar que se encuentre sobre una superficie lo más nivelada posible.
- No someter el equipo a vibraciones.
- Para comprobar la exactitud del equipo, colocar sobre el dispositivo receptor de carga, una pesa de valor nominal conocido, y verificar su exactitud.
- Para la correcta limpieza del equipo, utilizar una gamuza suave, mojada previamente en agua jabonosa con PH Neutro.
- Situar el equipo en una superficie plana y estable.
- No someter la máquina a cargas que superen su capacidad máxima.
- Si el equipo no va a ser utilizado en un largo periodo de tiempo, se recomienda cargar la batería al menos cada tres meses.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Especificaciones técnicas.
Display LED rojo con 6 dígitos Tara en el 100% de la capacidad.
Autocero 4% de la capacidad.
Posicionamiento automático de cero al encender.
Alarma de sobrecarga por programa:
Al sobrepasar 9 divisiones de la capacidad.
Grado de protección IP65.
Temperatura de trabajo: 5 ~ 35 °C.
Temperatura de almacenamiento: -25°C ~ +50 °C.
Humedad relativa de almacenamiento: 5%-90%.
Humedad relativa de trabajo: 5%-100% (sin condensación).
Suministro eléctrico: AC 220 V. /
Batería recargable 6V / 4 Ah.
Autonomía de funcionamiento con batería superior a 40 horas.
Tiempo de carga entre 12 y 15 horas.
Potencia: 7 W.
Dimensiones: 225 x 290 x 110 mm.
Dimensiones del plato: 225 x 190 mm.
Peso neto: 3.6 kg.
Capacidad de la balanza: 30 kg.
División: 1:3000, 1:6000.
Resolución: 5 g./ 10 g.
Margen de error: < 0,033%.

ELEMENTOS DEL INSTRUMENTO

- (1) Carcasa.
- (2) Plato receptor de carga.
- (3) Teclado.
- (4) Display.
- (5) Nivel.
- (6) Pies regulables.
- (7) Interruptor de encendido.

Fuente: Balanza Digital

Anexo 17: Ficha fabricante - Pie de rey PCE



- Con varilla para medir profundidades
- Acero inoxidable
- Extremo desplazable largo
- Con tornillo de fijación
- Con una tabla de indicación de roscas
- Modelo sencillo

Especificaciones técnicas

Rango de medición	0 ... 200 mm 0 ... 8 "
Resolución	0,01 mm 0,0005 "
Precisión en la medición	±0,03 mm
Pantalla	LCD
Sistema de medición	lineal, sistema de medición CAP sin contacto
Velocidad de medición	máx. 1,5 m/s
Longitud del pie de rey	aprox. 290 mm
Longitud de la guía	aprox. 50 mm
Altura de la guía	aprox. 16 mm
Grosor de la guía	aprox. 4 mm
Alimentación	1,5 V, tipo SR44
Temperatura ambiental	0 ... +40 °C
Temperatura de almacenamiento	-20 ... +70 °C

Fuente: PCE-DCP 200N