

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

PLAN DE MANTENIMIENTO A BOMBA TIPO DRAGA RADIO CONTROLADA.

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Técnico Universitario en MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL.

Alumnos:

Joaquín Aníbal Aguilar Briceño

Bruno Alberto Jelvez Poblete

Profesor Guía:

Ing. Eduardo Vidal Páez

2018

RESUMEN

KEYWORD: PLAN DE MANTENIMIENTO A BOMBA TIPO DRAGA.

Este trabajo de titulación tratará sobre una propuesta de mantenimiento basado en un índice de criticidad y un análisis causa raíz con la finalidad de incrementar la disponibilidad y seguridad operacional de una bomba tipo draga radio controlada perteneciente a la empresa Nexxo S.A.

Mediante una planificación para el plan de mantenimiento, se expondrá de manera objetiva los procedimientos a seguir para lograr el objetivo principal del proyecto.

En el capítulo 1 se levantarán los antecedentes generales de la empresa como también del equipo en cuestión, se presentará un diagnóstico actual del equipo, sus especificaciones técnicas, la problemática que argumenta la realización del proyecto. entre otros.

En el capítulo 2, se analizará la problemática mediante un análisis causa raíz de las fallas que presenta el equipo en faena y determinando la criticidad de sus componentes. Para lograrlo, se realizó un catastro de las fallas que se produjeron en el último año de servicio.

En el capítulo 3, según los resultados obtenidos de los análisis causa raíz realizados y análisis de criticidad, mediante matriz cualitativa de riesgos, se realizará la planificación de un plan de mantenimiento de tipo preventivo.

Para el capítulo 4, se exponen los costos, perdidas e ingresos tanto presentes como futuros con la propuesta de mantención realizada. También, se realiza una proyección de la demanda de servicio de dragado y un flujo de caja para determinar la rentabilidad del proyecto.

ÍNDICE

RESUMEN

ÍNDICE

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DIAGNOSTICO DEL EQUIPO 4

1. ANTECEDENTES GENERALES Y DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO 6

1.1 ANTECEDENTES GENERALES..... 6

1.1.1 Historia 6

1.1.2 Misión 6

1.1.3 Visión..... 7

1.1.4 Ubicación..... 7

1.2 DESEMPEÑO DE LA EMPRESA EN EL RUBRO 8

1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA..... 12

1.4 PROBLEMÁTICA..... 13

1.4.1 Oferta del servicio..... 14

1.4.2 Demanda del servicio 15

1.5 OBJETIVOS..... 15

1.5.1 Objetivo general..... 15

1.5.2 Objetivos específicos 15

2. análisis de la problemática 19

2.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO A ANALIZAR 19

2.1.1.	Características constructivas del equipo.....	19
2.1.2.	Potencia.....	20
2.1.3.	Bomba de lodo	20
2.1.4.	Cabezal de la barrenadora.....	20
2.1.5.	Propulsión	20
2.1.6.	Hidráulica	21
2.1.7.	Control de la draga.....	21
2.2.	FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO.....	22
2.2.1.	Funciones que realizar por el operador.....	22
2.3.	DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO	23
2.4.	DESCRIPCIÓN DE FALLAS.....	24
2.4.1.	Fallas potenciales.....	24
2.4.2.	Fallas funcionales	25
2.5.	FALLAS DETECTADAS.....	25
2.5.1.	Rotura de sello mecánico en bomba de lodo:	25
2.5.2.	Detención del equipo por activación del relé térmico del motor eléctrico de la bomba de lodo: 26	
2.5.3.	Falla en el cuadro de válvula:	27
2.5.4.	Rotura de reten de aceite en motor hidráulico de la barrenadora:	28
2.5.5.	Falla en el variador de frecuencia:	29
2.6.	ANÁLISIS CAUSA RAIZ DE LAS FALLAS DETECTADAS.....	30
2.6.1.	Diagrama de Pareto:	31
2.6.2.	Diagrama Ishikawa	33
1.1	ANÁLISIS DE CRÍTICIDAD.....	34
3.	Planificación y programación del mantenimiento	41

3.1. LA PLANIFICACIÓN Y SU RELEVANTE PARTICIPACIÓN EN EL PROCESO PRODUCTIVO	41
3.1.1. Enfoque de la planificación basado en el proceso	42
3.2. LA PROGRAMACION EN EL MANTENIMIENTO	43
3.3. EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	46
3.3.1. Tipos de mantenimiento	47
3.4. PLAN DE MANTENIMIENTO DE TIPO PREVENTIVO A LA BOMBA TIPO DRAGA RADIO CONTROLADA	49
3.4.1. Planificación de tareas programadas de tipo preventivo para bomba tipo draga radio controlada	50
1.2 CHECK LIST DE TAREAS DE LA PLANIFICACIÓN	52
1.3 PROPUESTA DE ORDEN DE TRABAJO	53
1.4 PROPUESTA DE BITÁCORA DE TRABAJO	54
1.5 INDICADORES DE MANTENIMIENTO	55
1.5.1 Indicadores de mantenimiento para la planificación	55
1.5.2 Indicadores para el equipo en operación	56
4. Análisis económico del proyecto	60
4.1. TIPOLOGÍA DEL PROYECTO	61
4.2. INGRESOS ESPERADOS POR SERVICIO DE DRAGADA Y PÉRDIDA POR DETENCIONES DEL EQUIPO	62
4.2.1. Ingresos anuales presentes esperados por servicio de dragado	62
4.2.2. Ingresos mensuales esperados por servicio de dragado	62
4.2.3. Perdidas presentes por detenciones de equipo anual	62
4.3. GASTOS PRESENTES EN LA PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO PARA BOMBA TIPO DRAGA RADIO CONTROLADA	62
4.3.1. Costos directos	63

4.3.2.	Costos indirectos.....	64
4.4.	COMPARACIÓN DE COSTOS PRESENTES VERSUS COSTOS FUTUROS Y DISMINUSIÓN DE ESTOS.....	65
4.4.1.	Comparación de pérdidas de ingresos por detenciones	65
4.4.2.	Comparación de costos directos presentes y futuros	66
4.4.2.1.	Gastos futuros directos	66
4.4.2.2.	Costos indirectos futuros.	67
4.5.	PROYECCIÓN DE DEMANDA, IMPLEMENTACIÓN DE NUEVO EQUIPO	69
5.	Bibliografía	73
ANEXOS	_____	74
ANEXOS 3: PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTRNIMIENTO	_____	75
ANEXOS 4: ANÁLISIS ECONÓMICO	_____	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Imagen corporativa Nexxo S.A.....	6
Figura 2-1 Bomba tipo draga radio controlada.....	19
Figura 2-2 Barrenadora en operación	20
Figura 2-3 Tablero de mando y control remoto.....	21
Figura 2-4 Ubicación minera Caserones.....	23
Figura 2-5 Bomba de lodo en mantención.....	25
Figura 2-6 Cuadro de válvulas, sistema hidráulico	27
Figura 2-7 Despiece de motor hidráulico barrenadora	28
Figura 2-8 Motor hidráulico #1 barrenadora	29
Figura 2-9 Variador de frecuencia de bomba tipo draga	30
Figura 2-10 Motor eléctrico de bomba de lodo	33
Figura 2-11 Diagrama Ishikawa	33
Figura 3-1 Elementos de un proceso productivo	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diagrama de Pareto	31
Tabla 2 Frecuencia de fallas	35
Tabla 3 Impacto operacional	35
Tabla 4 Flexibilidad operacional	35
Tabla 5 Costes de mantenimiento.....	36
Tabla 6 Impacto en seguridad, ambiente e higiene.....	36
Tabla 7 Análisis de criticidad para subsistemas del equipo	37
Tabla 8 Planificación de tareas sistema de barrenadora	50
Tabla 9 Planificación de tareas sistema de dragado	51
Tabla 10 Planificación de tareas sistema de transporte	51
Tabla 11 Check list tareas diarias	52
Tabla 12 Orden de trabajo	53
Tabla 13 Bitácora de trabajo.....	54
Tabla 14 Ingresos anuales presentes esperados	62
Tabla 15 Ingresos mensuales esperados	62
Tabla 16 perdidas presentes por detenciones.....	62
Tabla 17 Gastos en repuestos de sistema de dragado del equipo	63
Tabla 18 Gastos directos en recurso humano	63
Tabla 19 Total anual costos directos	64
Tabla 20 Total costos indirectos anuales	64
Tabla 21 Perdidas futuras por detención del equipo.....	65
Tabla 22 Costos futuros en repuestos	66
Tabla 23 Totales costos directos futuros	66
Tabla 24 Costos futuros en traslado.....	67
Tabla 25 Costos futuros en operaciones externas.....	67
Tabla 26 Total anual costos indirectos futuros	68
Tabla 27 Total costos y ahorro	68
Tabla 28 Total gastos y perdidas presentes	69
Tabla 29 Total ahorro con planificación futura	69

Tabla 30 Resultados flujo de caja puro.....	70
Tabla 31 Planificación de tareas para componentes varios	76
Tabla 32 Check list tareas semanales	77
Tabla 33 Check list para tareas mensuales	78
Tabla 34 Check list para tareas semestrales	78
Tabla 35 Check list para tareas anuales	79
Tabla 36 Gastos EPP	80
Tabla 37 Gastos equipamiento oficina taller	80
Tabla 38 Insumos oficina taller (alimentos)	80
Tabla 39 Insumos oficina de taller (artículos de librería).....	81
Tabla 40 Insumos taller de mantenimiento.....	81
Tabla 41 Operaciones externas	81
Tabla 42 Costos traslado del equipo	82
Tabla 43 Costos recurso humano.....	82
Tabla 44 Costos en comunicaciones.....	82
Tabla 45 Tabla de datos flujo de caja 75%.....	83
Tabla 46 Flujo de caja con 50%	84
Tabla 47 Resultados flujo de caja 50%.....	85
Tabla 48 Tabla de datos flujo de caja 75%.....	85
Tabla 49 Flujo de caja con 75%	86
Tabla 50 Resultados flujo de caja 75%.....	87
Tabla 51 Flujo de caja puro	89

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Diagrama de Pareto	32
------------------------------------	----

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

SIGLAS:

S.A.: Sociedad anónima.

MTBF: Mean time between failures.

VFD: Control de velocidad.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es la conservación de la maquinaria y equipo con el fin de maximizar su disponibilidad. Esta área se ha perfilado tanto que hoy en día ocupa un lugar importante en la estructura de la organización e inclusive es una de las áreas primordiales para mantener y mejorar la productividad. (Mendez, 2011)

Es sabido que la importancia del mantenimiento industrial dentro de las organizaciones no fue siempre de gran importancia para los altos mandos. No existía un departamento como tal que abarcará las tareas necesarias para mantener y mejorar la disponibilidad de los equipos en la producción.

A modo de reseña histórica, Cuando Henry Ford en la década del 1930 revolucionó la industria automotriz con la puesta en parcha de la producción en cadena, otorgo la responsabilidad del mantenimiento de los equipos asociados a la producción de vehículos al departamento de operaciones de la empresa, ya que con anterioridad, las tareas de mantenimiento necesarias estaban solo vinculadas al o los operadores de las máquinas y se realizaban solo cuando el equipo presentaba fallas que involucraban la detención del mismo.

Posterior a la segunda guerra mundial, las empresas de producción industrial se vieron en la necesidad de suplir mayores demandas de sus bienes fabricados, por ende, la detención de la maquinaria por fallas funcionales incurría en grandes pérdidas en producción para la empresa. El mantenimiento a la falla, o también conocido como mantenimiento correctivo ya no satisfacía las necesidades de los empresarios. Es por ello por lo que, con el fin de evitar estas pérdidas, las empresas dieron mayor importancia a las tareas de mantenimiento necesarias, con el objetivo de minimizar las paradas por falla de los equipos. Este nuevo objetivo para la empresa implicó un cambio estructural es su organización, aquí las tareas de mantenimiento se desligan del área de producción y pasan a ser responsables de una nueva área dentro de la organización, el departamento de mantenimiento. Esto dio el hincapié al nacimiento de un nuevo tipo de mantenimiento, el mantenimiento preventivo. (Olarde, 2011)

El presente trabajo de titulación nace de la necesidad de la empresa Nexxo S.A. En reducir el número de fallas funcionales de una bomba tipo draga radio controlada en servicio. Este tipo de falla incurre en un importante gasto monetario para la empresa tanto en costos directos, como por ejemplo en repuestos y en costos indirectos como es el caso del traslado del equipo desde la faena de trabajo hacia la casa matriz de la empresa.

La empresa cuenta con una visión del mantenimiento como en la década del 1930. Existe un departamento responsable de sus tareas, pero el tipo de mantenimiento que emplean en el equipo no es el óptimo para las necesidades que tiene la empresa. Hoy en día, la mayoría de las tareas realizadas en el equipo son de carácter correctivo.

La propuesta que se realiza a la empresa es implementar una nueva planificación de tareas de mantenimiento hacia el equipo, implementando un mantenimiento de carácter preventivo, para así disminuir el número de detenciones por falla de este.

Para determinar en cuál será el enfoque de la planificación, se realizarán análisis causa raíz y de criticidad. Esto guiará hacia donde deben ir encaminadas las nuevas tareas de mantenimiento a planificar, enfocándose principalmente en los sistemas críticos y semi críticos del equipo. Es de gran importancia generar documentación oficial que indique cuales son las tareas que realizar y también un documento que sirva como control de las tareas efectuadas. Hoy en día la empresa carece de esta documentación, haciendo el proceso más engorroso y con menos claridad para trabajar en las tareas.

Finalmente, a modo de argumentar por qué se debería implementar esta nueva planificación de mantenimiento, se exponen los costos asociados presentes a las tareas de mantención del equipo y cuáles serían los costos futuros en ellas. Ya que, la empresa busca aumentar los ingresos por dicho servicio de dragado, pero a la vez disminuir los costos y perdidas asociadas al equipo.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DIAGNOSTICO DEL EQUIPO

1. ANTECEDENTES GENERALES Y DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO

1.1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1.1 Historia

En el año 1980, don Horst G. Jander Müller, Ingeniero Civil Industrial, en base al notorio crecimiento económico e industrial del país y con su basto conocimiento en procesos industriales en distintas áreas de la industria, decide formar una empresa de alta especialización e ingeniería aplicada.

En mayo del año 2013, se asocia a Nexxo S.A. La empresa de ingeniería y construcción Echeverría Izquierdo. El objetivo al formar esta alianza es lograr sinergias en el mercado nacional y culminar con éxito el proceso de internacionalización de la empresa a países como: Argentina, Brasil, Perú y Colombia.



Figura 1-1 Imagen corporativa Nexxo S.A.

1.1.2 Misión

Ser una empresa proveedora de servicios industriales innovadores, especializados y de alta tecnología que se destaquen tanto en el mercado nacional como internacional.

1.1.3 Visión

Consolidar nuestro liderazgo en la industria nacional e Internacional, manteniendo una presencia sostenida y focalizada a dar soluciones innovadoras y creativas al entregar nuestros servicios especializados, de tal manera que sean valoradas por nuestros clientes, superando incluso sus expectativas.

Lo anterior nos alienta a capacitar permanentemente a nuestro personal, aumentar el rendimiento económico del negocio, desarrollar relaciones sostenibles con nuestros proveedores y socios tecnológicos estratégicos y colaborar con el desarrollo de nuestra comunidad.

1.1.4 Ubicación

Nexxo S.A. Se encuentra ubicado en el Parque Gulmué, S/N, Lote 3A, Concón, Valparaíso.

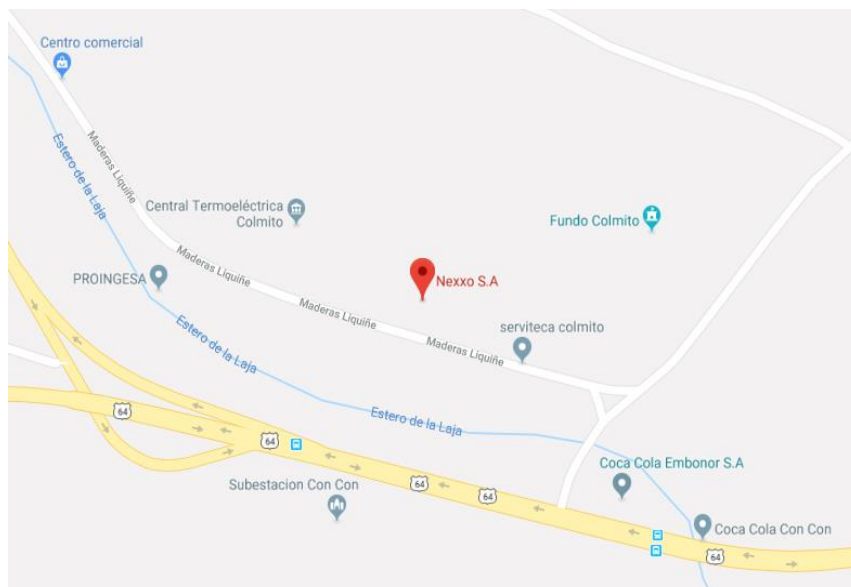


Figura 1-2 Ubicación Nexxo S.A.

1.2 DESEMPEÑO DE LA EMPRESA EN EL RUBRO

NEXXO S.A es una compañía que presta servicios industriales de alta especialización que se enfoca en seis áreas de trabajos: Obras y montajes industriales, limpiezas químicas y flushing, cambio de catalizadores, servicios industriales, contratos de mantención industrial y limpiezas con agua a alta presión.

Obras y montajes industriales:

tiene una fuerte presencia en el área de montajes industriales y pruebas eléctricas en los sectores petroquímico, marítimo, minero, celulosa y energético; contando para ello con un completo sistema de Gestión de Calidad, en donde cada uno de los procesos, desde la ingeniería básica entregada por el cliente hasta la recepción en terreno de las obras, se encuentra bajo un estricto control y seguimiento.

Mantención industrial:

La industria actual, al estar en ambiente competitivo centrado en la producción, necesita un servicio de mantenimiento debidamente implementado, con el fin de que las fallas sean mínimas y la eficiencia y disponibilidad del equipo sean las máximas. Es por esto que NEXXO S.A cuenta con personal altamente capacitado y calificado, hardware y software para las actividades de planificación, tecnología, maquinaria y equipos de producción adecuados, así como también dispositivos e instrumentos idóneos para actividades de inspección.



Figura 1-3 Taller de área de mantención

NEXXO S.A cuenta con dos modalidades de mantenimiento: En paradas de planta o con plantas en funcionamiento.

Dentro de las experiencias de mantenimiento que tiene la empresa se encuentra: mantenimiento y reparación de calderas, desmantelamiento, mantenimiento y reparación de hornos, mantenimiento y reparación de estanques de almacenamiento de combustibles, desmontaje, reparación, modificación y reinstalación de equipos de procesos, desmontaje, reparación, mantenimiento y reinstalación de equipos rotativos (bombas, ventiladores, motores, entre otros), desmontaje, reemplazo y reinstalación de equipos mecánicos diversos (harneros, chancadores, compresores, entre otros).

Catalizadores:

Nexxo S.A suministra a refinerías y plantas petroquímicas con equipo y personal especializado una gama completa de servicios, tanto para fines terrestres como marítimos, esto incluye la puesta en marcha y el mantenimiento de reactores catalíticos, columnas y recipientes.

Dentro de los trabajos que realiza se encuentran: Prepuesta en servicio de reactores y recipientes, modificaciones internas y revumps, enfriamiento del reactor utilizando un sistema patentado de nitrógeno líquido, servicios en atmósferas inertes y tóxicas, además de ambientes calientes y hostiles, descarga y carga del catalizador en atmósferas inertes o normales. Tamizado automático en línea durante descargas, Servicio "blind to blind" incluyendo tensionado y torque hidráulico, descarga por vacío con recirculación de nitrógeno en circuito cerrado, carga de catalizadores de reactores y recipientes usando procedimientos de carga densa licenciados, cargas de catalizador de reactores tubulares usando el proceso de carga, tamizado de catalizador, graduación de densidad y oxidación, transporte, almacenamiento y contención del catalizador.

Limpieza con agua a alta presión:

Los problemas generados por incrustaciones en superficies abiertas o por el interior de tuberías, conllevan a pérdidas en capacidad de almacenamiento, flujo o transferencia de calor. Dichas Incrustaciones pueden ser resueltas mediante el impacto de chorros de agua a alta presión.

Los usos más frecuentes del empleo de agua a alta presión se encuentran en la limpieza interior de tubos de intercambiadores de calor, calderas, condensadores, líneas de conducción de diversos fluidos, limpieza de estructuras metálicas y aplicaciones donde este servicio pueda alcanzar los sectores que se requiera limpiar.



Figura 1-4 Operador de limpieza con alta presión

Limpiezas químicas & flushing:

Realiza operaciones de limpiezas químicas y flushing de circuitos para la industria nacional y países vecinos, en las áreas de: celulosa y papel, petroquímicas, siderúrgica, marítima, minería, centrales térmicas y en toda otra área industrial.

Con relación a Flushing y Purificación de Fluidos, Nexxo S.A. posee equipos para arrastrar y retener en filtros las partículas sólidas contenidas en las tuberías (micro filtrar y deshidratar los fluidos), para alcanzar el nivel de limpieza requerido en cada oportunidad.



Figura 1-5 Equipo de Flushing y Purificación

Servicios industriales:

Ofrece eficientes y tecnológicos servicios para las industrias: minera, oil & gas, celulosa y papel, alimenticia, y de energía: Dragado y separación de sólidos y líquidos, limpieza y pruebas hidrostáticas de ductos, decoking e inspección ultrasónica de hornos de procesos de refinación, limpieza de gasoductos y oleoductos en operación, e intervención de torres de fraccionamiento en petroquímicas.



Figura 1-6 Servicio industrial, dragado.

1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA

La empresa Nexxo S.A. Como su razón social lo abrevia, es una sociedad anónima que tiene dos socios, por una parte, la empresa Echeverría Izquierdo, dueña del 51% de las acciones de la empresa y Horst G. Jander, fundador y dueño del 49% de las acciones en la actualidad.

Siguiendo con la jerarquización de la empresa, vienen los gerentes de las distintas áreas de servicio de la empresa, en este caso seis gerentes y también un gerente para el área administrativa y el área de prevención de riesgos. En colaboración, existe un subgerente para cada área de trabajo y su objetivo es realizar distintas tareas que sean designadas por el gerente.

Cada área de trabajo también cuenta con un jefe de operaciones que es el responsable de planificar los trabajos demandados por la gerencia y establecer las necesidades que se presenten para realizar las tareas. Un buen ejemplo de esto es la gestión de compra y logística de los repuestos necesarios. En ayuda de los jefes de operaciones, existen los coordinadores de área que son responsables de organizar el cómo se realizarán los trabajos de operación y como deberán ser implementados los recursos disponibles para cada una de ellas. También tienen la responsabilidad de dar aviso al jefe operacional de las necesidades existentes en el área de trabajo, ya sean repuestos, insumos, recursos humanos, etc. No todas las áreas de trabajo tienen la misma cantidad de coordinadores. Por ejemplo, para el caso del Área de Mantenimiento industrial existe un coordinador para los trabajos de soldadura, pintura y equipos de combustión interna y otro coordinador que se encarga de la mantención eléctrica de los equipos.

Más abajo vienen los trabajadores de cada área, para el caso de esta empresa se diferencian en dos tipos. Están los operadores de los equipos y por otro lado los trabajadores responsables de cumplir con las planificaciones asignadas por los jefes de operaciones.

En el particular caso del Área administrativa de la empresa, bajo el gerente existen tres jefes. Estos son: Jefe de contabilidad y finanzas, jefe de recursos humanos y jefe de trabajos informáticos. Estas tres sub-áreas de la administración cuentan solo con trabajadores de oficina, ya sea el secretariado de la empresa, auditores, abogados, asistentes sociales, etc.

Para el caso del área de prevención de riesgos, bajo el gerente está el jefe de prevención que es el encargado de cumplir las metas y estándares de seguridad impuestas por las gerencias. Entonces, el jefe de esta área, en conjunto con un equipo de prevencionistas son responsables de monitorear y levantar la información necesaria de las distintas áreas para posteriormente generar informes y ver que es lo que se está realizando correcta o incorrectamente del punto de vista de la seguridad laboral y operacional de los trabajadores.

1.4 PROBLEMÁTICA

En la actualidad, la empresa Nexxo S.A. se desempeña en la industria como una empresa de ingeniería aplicada enfocada en la limpieza industrial. Los equipos que tienen como activos, carecen de planes de mantenimiento acordes a las necesidades que tienen estos estando en faena o después de estas.

Al ser una empresa de servicios industrial, hay contratos de por medio entre la planta y la empresa de servicio contratista que deben cumplirse a cabalidad. Por ende, es de vital importancia que el equipo se encuentre en las mejores condiciones para operar en faena y brindar la seguridad operacional para que el contrato de servicio se cumpla sin inconvenientes.

La bomba tipo draga radio controlada, en algunas de las faenas de trabajo realizadas en la minera Caserones (ubicada en el valle de Copiapó, región de atacama). Ha presentado problemas tanto mecánicos, eléctricos y de mandos y control.

Este tipo de fallas potenciales y funcionales podrían haber sido mitigadas con anterioridad realizando un plan de mantenimiento de manera óptima al equipo, con una planificación estratégica y estudiada de acuerdo con el tiempo de funcionamiento del equipo y su historial de fallas.

Este tipo de draga, como es un equipo muy particular, los valores de los contratos adquiridos son altos. Mensualmente, el cobro que se realiza por prestar el servicio de dragado con este tipo de bomba es de aproximadamente **US\$188.383,04**. Dato otorgado por el gerente del área de mantención Don Guillermo Morán. Siendo el equipo que más ganancias genera a la empresa. Motivo suficiente para otorgarle un plan de mantención riguroso.

Otro aspecto que abordar en los motivos que justifican el proyecto es la oferta y demanda tanto del equipo, como del plan de mantenimiento a efectuar en él.

1.4.1 Oferta del servicio

Actualmente, la oferta para un servicio de bomba de dragado con nuestro equipo específicamente es muy escasa, ya que en el país hay solo tres bombas de este tipo y dos de estas pertenecen a Nexxo s.a.

Otro tipo de bomba de dragado que un servicio similar al de la bomba tipo draga radio controlada, es el llamado dragaflo o excavator que para este caso existe la empresa Dragado Chile ubicada en la región metropolitana. Nexxo S.A. Y Dragado Chile cuentan con un ejemplar de este equipo cada uno.



Figura 1-7 Bomba de dragado Excavator

A nivel nacional, la oferta de estos servicios industriales es baja. Muchas veces, empresas internacionales también vienen a competir en las licitaciones con sus equipos. Obviamente estas empresas cobran mucho más que Nexxo S.A. o Dragado Chile ya que el costo del traslado de los equipos y las horas hombre son mucho mayores.

Debido a esta información, se puede inferir que la elaboración de un plan de mantenimiento a estos equipos tan particulares será reducida. Pero si muy necesaria ya que para cumplir la demanda es fundamental que el equipo funcione en las mejores condiciones operacionales.

1.4.2 Demanda del servicio

Toda empresa del rubro minero que cuente con piscinas de tratamiento de agua y que no posea dentro de sus activos bombas de dragado o espesadores, es un probable cliente. A modo de ejemplo, Tanto como Codelco chile división Teniente y Minera Lumina Copper división Caserones, son actualmente demandantes de este servicio industrial. Estas dos empresas cuentan con bombas tipo dragas radio controladas en sus piscinas de agua recuperada.

Entonces, para estos equipos es mucho mayor la demanda que la oferta. Esto ya que la cantidad de mineras existentes en el país es alta y las empresas que ofrecen el servicio son reducidas dentro del país.

1.5 **OBJETIVOS**

1.5.1 Objetivo general

Mejorar la disponibilidad operacional de la bomba tipo draga radio controlada para aumentar la seguridad operacional

1.5.2 Objetivos específicos

- 1.- Realizar levantamiento operacional del equipo según información histórica
- 2.- Analizar mediante metodología causa raíz fallas potenciales y funcionales de la bomba determinando sus criticidades
- 3.- Desarrollar una propuesta de plan de mantenimiento a la bomba para mejorar su disponibilidad.
- 4.- Realizar una evaluación económica de los beneficios que se lograrían con la implementación del plan a proponer

CAPÍTULO 2: ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA

2. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

2.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO A ANALIZAR

la draga LWT pit hog “RUNT” modelo RCLPES 40 HP aparte de la características físicas, tiene diferentes componentes que trabajan juntos para realizar la tarea deseada, consta con un sistema de propulsión que es lo que le permite movilizarse en el medio en donde se encuentre, una bomba de lodo que es la encargada de succionar el material deseado, un control remoto que permite operar la draga de manera remota, la cabeza de la barrenadora que excava el material y lo lleva al centro del sudario que alimenta la bomba y un sistema hidráulico que es el que da energía hidráulica a los diferentes actuadores.



Figura 2-1 Bomba tipo draga radio controlada

2.1.1. Características constructivas del equipo

La draga para mantenerse en flotación utiliza dos grandes flotadores cilíndricos de 28 pulgadas de diámetro por 20 pies de largo por 10 aceros de calibre O.A.L, tiene una longitud de transporte de 24 pies con 7 38 pulgadas, un ancho de transporte de 8 pies con 2 ½ pulgadas sin los motores de la barrenadora, una altura de transporte de 6 pies con ¼ de pulgada, un peso operacional de 5800 libras, una profundidad máxima de excavación de 14 pies y un borrado operacional de 16 pulgadas.

2.1.2. Potencia

La energía eléctrica requerida es de 460 volt de corriente alterna trifásica con 60 Hz de frecuencia, el motor eléctrico de la bomba de lodo tiene una potencia de 40 Hp y el motor eléctrico del sistema hidráulico tiene una potencia de 10 Hp.

2.1.3. Bomba de lodo

La bomba utilizada es una Hayward Gordon XR4-11 con un motor sumergible y un impulsor para manejo de sólidos, está construida con acero Super Ni-Hard ASTM A532 que es un material resistente a la abrasión, la velocidad de giro de la bomba es de 1750 RPM, el diámetro de succión de 6 pulgadas, el diámetro de descarga de 4 pulgadas y el diámetro del impulsor es de 8,5 pulgadas. La capacidad de diseño para 40 Hp es de 900 GPM a 50 pies de cabeza (agua).

2.1.4. Cabezal de la barrenadora

La barrenadora con la cubierta está construida de acero soldado, la hélice tiene un diámetro de 10 pulgadas, el paso es de 9 pulgadas y el espesor es de 38 de pulgada. La velocidad de giro del tornillo sinfín es de 60 RPM, tiene un torque de 3400 in-lb, el largo total es de 8 pies con 2 ½ pulgadas, tiene 7 cuchillos de corte hacia la izquierda y 7 cuchillos de corte hacia la derecha.

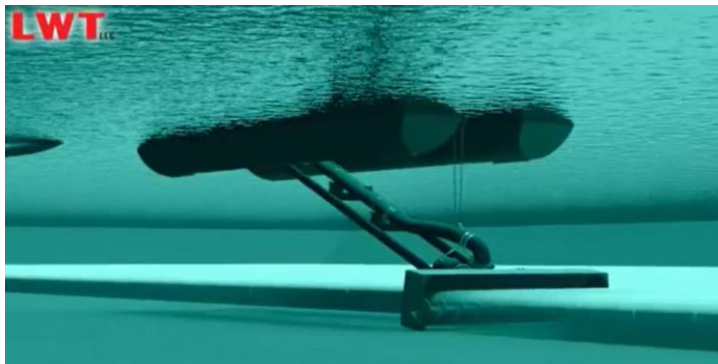


Figura 2-2 Barrenadora en operación

2.1.5. Propulsión

Para movilizarse tiene un torno hidráulico con polea tripe el cual se mueve a través de un alambre de 38 de pulgada de diámetro, tiene un motor hidráulico con reductor de engranaje planetario y la velocidad varia de 0 a 30 FPM.

2.1.6. Hidráulica

Consta de 3 circuitos: el de la barrenadora, el del cabrestante de izaje y el del cabrestante transversal. Para controlar el flujo tiene una válvula de control direccional de 3 posiciones y 4 vías con control de flujo electrónico para la velocidad del cabrestante, la velocidad de salida de la bomba hidráulica es de 8 GPM a 1750 RPM, la presión de alivio hidráulico es a los 1500 PSI (124 bar), la capacidad del depósito hidráulico es de 30 galones estadounidenses y tiene un interruptor de apagado para cuando suba la temperatura del aceite o el nivel de aceite en el depósito sea bajo.

2.1.7. Control de la draga

El control remoto tiene un alcance máximo de 1000 pies, en este se encuentra el botón de on/off de la bomba de lodo y control de velocidad (VFD), el on/off de la barrenadora, el control de los movimientos de la draga hacia adelante o hacia atrás y el control de la velocidad, el control del elevador de pluma hacia arriba o hacia abajo y un árbol de luz multicolor con una luz coloreada para cada función.



Figura 2-3 Tablero de mando y control remoto

2.2. **FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO**

Esta bomba tipo draga radio controlada está diseñada con el propósito de eliminar los sedimentos acumulados en estanques de tratamientos de residuos y lagunas de sedimentación con sólidos en su fondo que se han asentado o acumulado. Estos sólidos no deseados, se excavan mediante la barrenadora del equipo que consta de un tornillo sin fin. Ya removidos, los sólidos son transportados como lodo mediante mangueras de descarga.

Para la posición de operación de la bomba sumergible y el tornillo sin fin, la responsabilidad recae en el conjunto de poleas y el huinche de arrastre. Por una parte, las poleas dejan en posición vertical a la bomba sumergible y al tornillo sin fin para luego impulsar el equipo completo hacia adelante y hacia atrás mediante el huinche de arrastre y la guía de cable de traslado.

Las funciones de dragado y traslado del equipo se controlan mediante control remoto de mano por un operador ubicado fuera del área de trabajo. La serie de botones que contiene dicho control remoto permite que el operador inicie o detenga todo el equipo. Los mandos que contiene son: Encendido o apagado de la bomba sumergible, velocidad de operación de la bomba sumergible, encendido o apagado de la barrenadora (tornillo sin fin), Dirección hacia adelante o atrás del huinche de arranque, velocidad del huinche de arrastre y elevación o descenso de las poleas.

2.2.1. **Funciones que realizar por el operador**

El equipo se ubica en un extremo del estanque fijando su punto de partida, el operador enciende la energía eléctrica de la draga, baja la barrenadora y la enciende. Posterior a esto, se enciende el sistema hidráulico de la bomba sumergible y determina su velocidad de operación. Finalmente da inicio al traslado del equipo ajustando su velocidad de avance. Al llegar al final del estanque, el operador detiene el equipo.

Para el regreso del equipo, la velocidad de la bomba de lodo debe reducirse a la mitad ya que la mayor extracción del material se hace en la ida. Luego el operador fija la velocidad de desplazamiento (mayor que la velocidad de ida) y el equipo vuelve a su posición inicial.

2.3. **DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO**

Actualmente el equipo presta servicios de dragado en el área de piscinas de agua recuperada, a la empresa Lumina Copper Chile S.A. División Caserones, ubicada a 162 kilómetros de Copiapó, perteneciente a la región de atacama, Chile.

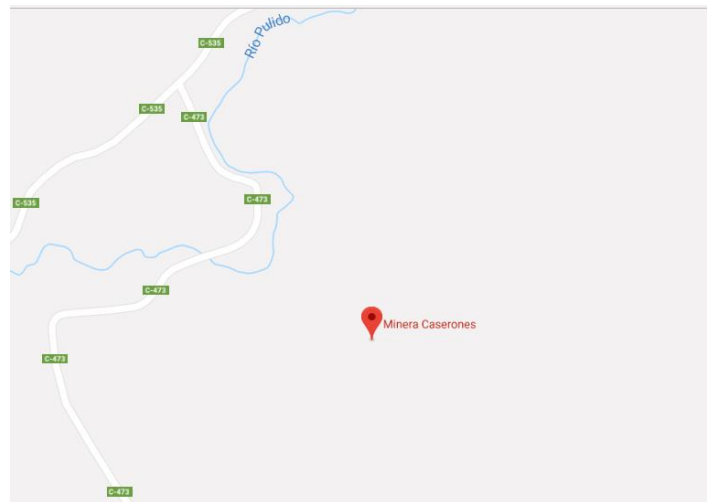


Figura 2-4 Ubicación minera Caserones

Según contrato, el equipo trabaja 8 horas al día, 20 días al mes, de lunes a viernes, por un año. A cargo del equipo, el área de servicios industriales dispone de cuatro operadores que se dividen el trabajo de operar el equipo durante el mes, siendo uno por semana el encargado de este.

En la actualidad, el equipo mantenimiento del equipo está determinado por tareas solo correctivas, por ende, solo es llevado a la casa matriz de Nexxo en caso de fallas funcionales del equipo o para intervenciones menores ya sea cambios de aceite de los componentes hidráulicos y/o cambios de filtro si es que lo amerita. Cuando ocurre algún tipo de falla en la draga, un equipo de mecánicos especializados del área de mantención de la empresa, sube a faena para realizar un diagnóstico del equipo, dependiendo de la gravedad de la falla, esta puede solucionarse en el mismo lugar de operación por medio de repuestos solicitados por el equipo de mecánicos a cargo, o bien si la falla ya está fuera del alcance de los especialistas, se solicita bajar el equipo a cada matriz para ser reparado, con la menor pérdida de tiempo posible debido al contrato que hay de por medio.

Hoy en día, el tipo de mantenimiento que se le realiza al equipo ha empezado a ser un problema para la empresa, ya que han percibido una importante pérdida de económica destinada a repuestos del equipo y también una falla de la disponibilidad de este, todo esto debido a la mala planificación de la mantención, ya que no se acomoda a las necesidades que tiene el equipo. Pero la problemática no culmina ahí, no solo pasa por una mala planificación, sino también, por un mal manejo de la información del equipo ya que no existe un historial de fallas, ni una base de datos de los repuestos que más utiliza, por ende, es imposible para la empresa generar indicadores de mantenimiento. La información que se maneja sobre el equipo es básicamente, las actas de recepción, actas de despacho ordenes de trabajo y el manual original del equipo.

2.4. **DESCRIPCIÓN DE FALLAS**

2.4.1. Fallas potenciales

La falla potencial en un equipo es una condición física identificable que indica una falla funcional inminente, generalmente esta falla es identificada mediante un análisis de carácter predictivo a través de tecnologías como análisis de vibraciones, termografía, medición de espesores por ultrasonido, análisis de aceite, entre otras.

En el caso de la draga estas fallas no son detectadas ya que, la empresa no cuenta con equipos de medición predictivos ni con el personal capacitado para ese tipo de mantenimiento, cuenta solo con un plan de mantenimiento correctivo por lo que no se hace un monitoreo constante al estado del equipo, lo que hace imposible la detección de fallas potenciales. Otro motivo por el cual no es posible detectar fallas potenciales es por la falta de informes de operación del equipo, ya que los operadores no tienen la responsabilidad de informar el estado del equipo al empezar el día de trabajo ni al termino.

2.4.2. Fallas funcionales

Una falla funcional se define como la incapacidad de un activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento, la falla funcional puede causar la detención total de un equipo, la disminución de su funcionamiento o también puede estar relacionada con sus funciones secundarias como lo son el área de seguridad, economía, confort, cumplimiento de regulaciones ambientales, entre otras.

Dentro de la draga se encuentran distintos elementos y equipos que aportan a su funcionamiento, por lo que las fallas funcionales pueden estar relacionadas con elementos hidráulicos, mecánicos o eléctricos, los cuales serán descritos a continuación.

2.5. FALLAS DETECTADAS

2.5.1. Rotura de sello mecánico en bomba de lodo:

Los sellos mecánicos son componentes encargados de evitar la filtración de fluidos y contaminación que puedan ocurrir debido a estas. Este componente trabaja sometido a una constante presión que ejerce dicho fluido y sus tipos de fallas son variados.

En el año 2017, el equipo ha tenido que ser intervenido y sacado de faena en cuatro oportunidades debido a la rotura del sello mecánico que contiene la bomba de lodo, generando un deterioro de los componentes de la bomba por contaminación de líquido hidráulico y por el lodo transportado. Ya en el presente año, en el mes de febrero, el equipo bajó de faena por motivo de esta falla.



Figura 2-5 Bomba de lodo en mantención

2.5.2. Detención del equipo por activación del relé térmico del motor eléctrico de la bomba de lodo:

Específicamente, la función de un relé térmico es proteger un motor de sobrecargas al que puede ser sometido en proceso de operación del equipo. En sí, la falla no está en el relé, ya que cumple su función de detener el equipo al exponerse a una peligrosa condición de operación, la falla está en el motor eléctrico de la bomba de lodo que es el responsable que se active este relé a modo de seguridad.

El porqué de esta falla es más de uno, cuando el motor ya está con un notable desgaste en sus componentes mecánicos, la potencia de este se verá disminuida, por ende, la capacidad de extracción del lodo sedimentado será menor y debido a esto, puede ocurrir una sobrecarga en el motor al momento que el operador lo sobre exija para poder lograr el caudal esperado de dragado. También, por una simple mala operación del operador en turno, se puede provocar una sobre carga al motor, parecido al caso anterior, pero sin necesariamente por problemas mecánicos del motor. La pérdida de aislación del motor también puede ser un gatillante al momento de ocurrir este tipo de falla, ya que se energizará la carcasa del motor y esto provocará la activación del relé y el equipo se verá detenido automáticamente.

La frecuencia con la que ocurre esta falla es alta y la causa es principalmente por mala operación, más que por una falla del motor. Para el caso que la causa sea el desgaste de los componentes del motor, el equipo debe ser sacado de faena y ser trasladado a casa matriz para realizar el respectivo mantenimiento al motor.

Mensualmente, se registran aproximadamente 2 detenciones del equipo por este tipo de falla, por ende, en un año alcanza un numero de 24 detenciones, de las cuales solo 5 de ellas han sido por problemas en los componentes del motor eléctrico de la bomba.

2.5.3. Falla en el cuadro de válvula:

El cuadro de válvulas presente en el equipo es el encargado de suministrar el aceite hidráulico para el sistema de traslado del equipo, funcionamiento de la barrenadora y por último, la bajada de la bomba de lodo hacia la posición de operación y la subida de esta. El suministro de aceite hacia el cuadro de válvulas se hace posible mediante una bomba hidráulica que toma el fluido desde el estanque de aceite y lo transporta hacia las válvulas mediante mangueras. Adicional a esto, existe un filtro purificador que se encarga de tomar el aceite del estanque para extraer posibles partículas en suspensión y finalmente, enviar el fluido devuelta al estanque. Para el monitoreo de la operación del cuadro de válvulas, se encuentra instalado un manómetro para observar a la presión de operación del sistema.

Debido al mal funcionamiento del filtro purificador y operar con un aceite contaminado, las válvulas del cuadro han acortado su vida útil, llevándolas a la falla funcional. En el momento que las válvulas han seguido funcionando contaminadas por este aceite que circula, han producido una sobre presión en el sistema, dañando las mangueras y provocando un mayor esfuerzo del motor hidráulico para operar. En el último año de servicio, el equipo ha debido ser intervenido tres veces debido a esta falla.



Figura 2-6 Cuadro de válvulas, sistema hidráulico

2.5.4. Rotura de reten de aceite en motor hidráulico de la barrenadora:

El retén de aceite es el encargado de que el aceite hidráulico con el que funciona el motor, no se filtre por el eje hacia el exterior de este, lo que busca es evitar la pérdida de líquido hidráulico y así la pérdida de potencia del motor y también evitar la contaminación con aceite de la piscina o laguna de relave en donde se encuentra operando la draga.

Esta falla tiene una tasa de ocurrencia mediana (dos veces en el último año de servicio) y generalmente la filtración que se provoca no es significativa por lo que no causa mayor pérdida de aceite, actualmente cuando la draga es bajada de faena por alguna falla mayor, se aprovecha de cambiar de manera preventiva el retén de aceite del motor hidráulico.

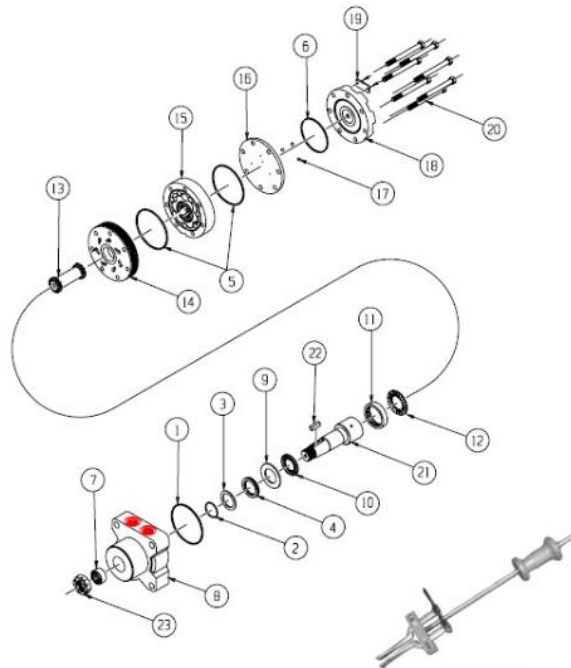


Figura 2-7 Despiece de motor hidráulico barrenadora
Fuente: Catálogo entregado por el fabricante.

La figura 2-7 hace referencia al motor hidráulica que acciona la barrenadora, siguiendo la numeración del despiece, el número 4 es el retén en cuestión que provoca esta falla en el equipo.

En la figura 2-8, se ilustra el motor con este tipo de falla. Lleva la numeración ‘01’ ya que la barrenadora para ser accionada necesita de la operación de dos de estos motores.



Figura 2-8 Motor hidráulico #1 barrenadora

2.5.5. Falla en el variador de frecuencia:

El variador de frecuencia es un sistema de control de velocidad de rotación de un motor de corriente alterna, en el caso de la draga, es el encargado de regular la velocidad rotacional del motor de la bomba de succión de lodo.

La principal causa de la falla en este componente tiene que ver con el ambiente en el que opera la draga, ya que, el lugar donde opera esta draga es hostil, con alta presencia de humedad y polvo de silicosis en suspensión que es lo que hace que el componente del variador de frecuencia falle.

La frecuencia de esta falla en el equipo es baja, en el último año de servicio solo se registró 1 vez dicha ocurrencia.



Figura 2-9 Variador de frecuencia de bomba tipo draga

2.6. **ANÁLISIS CAUSA RAÍZ DE LAS FALLAS DETECTADAS**

Cuando ocurre una falla, ésta se percibe a través de ciertas manifestaciones o síntomas, no así la causa de falla. Esto lleva en muchas oportunidades a actuar sobre las consecuencias y no sobre la raíz del problema, de modo que la falla vuelve a repetirse una y otra vez. (Altmann, 2010)

Esta cita tomada del artículo “El análisis causa raíz, como herramienta en la mejora de la confiabilidad”, escrito por la especialista en mantenimiento, gestión de activos y confiabilidad Carolina Altmann, publicado por el sitio web mantenimiento mundial en el año 2010, da referencias a porqué la importancia de verificar la causa raíz de una falla, ya que, de esta manera, se podrá eliminar o disminuir en gran manera su ocurrencia en el tiempo de forma permanente.

Dicho de otra manera, el análisis causa raíz es una herramienta del mantenimiento que se utiliza para detectar la causa de la falla, para así evitar las consecuencias que dicha falla proporcionará al equipo.

2.6.1. Diagrama de Pareto:

Diagrama de Pareto o también conocido como curva cerrada, es una de las herramientas básicas de calidad que permite otorgar un orden de prioridad a eventualidades. El propósito de esta herramienta es estudiar distintas fallas, para este caso, en el ámbito industrial y poder tomar decisiones dentro de la organización de la empresa.

Esta será una de las herramientas a utilizar para jerarquizar las fallas descritas de la bomba tipo draga radio controlada.

Para desarrollar dicha herramienta, como primer paso se realizará una tabla de jerarquización de las fallas, donde se verá el número de ocurrencia de las distintas fallas y a qué porcentaje equivale cada falla en comparación al total de fallas ocurridas. Cabe destacar que el tiempo al que está sujeto este diagrama es de 1 año de servicio del equipo.

BOMBA TIPO DRAGA RADIO CONTROLADA LWT PIT HOG "RUNT" MODELO RCLPES				
1 AÑO DE SERVICIO				
Elemento/Sistema afectado	Número de Fallas	Porcentaje(%)	Acumulado	80-20
Detención por activación de relé termico de motor eléctrico 40 HP	24	61,5%	61,5%	80%
Bomba de lodo Hayward Gordon XR4-11	5	12,8%	74,3%	80%
Motor eléctrico 40 HP Bomba de lodo	4	10,3%	84,6%	80%
Cuadro de válvulas	3	7,7%	92,3%	80%
Motor hidráulico #1 Barrenadora	2	5,1%	97,4%	80%
Tablero de Mandos y control	1	2,6%	100,0%	80%
Bomba hidráulica	0	0,0%	100,0%	80%
Motor eléctrico 10 HP Bomba hidráulica	0	0,0%	100,0%	80%
Motor hidráulico Cabrestante de izaje	0	0,0%	100,0%	80%
Motor hidráulico Cabrestante transversal	0	0,0%	100,0%	80%
Motor hidráulico #2 Barrenadora	0	0,0%	100,0%	80%
Tornillo sin fin Barrenadora	0	0,0%	100,0%	80%
TOTAL:	39	100%		

Tabla 1 Diagrama de Pareto

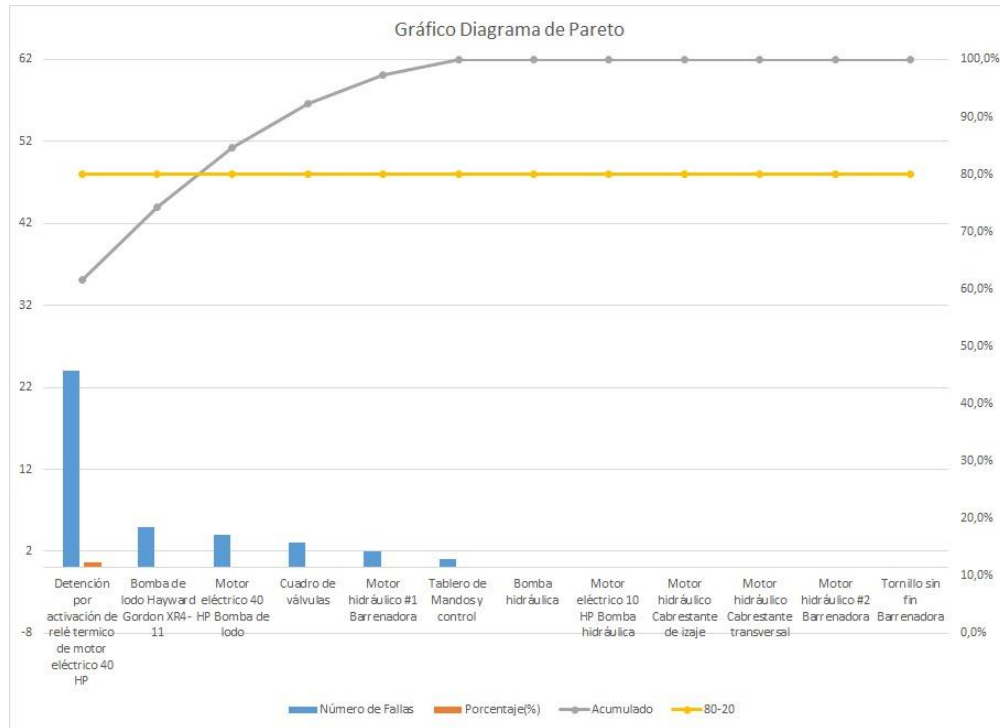


Gráfico 1 Diagrama de Pareto

Al haber ya ordenado de manera de descendentes los sistemas principales presentes dentro del equipo y las fallas descritas con anterioridad, se puede observar que el 80% donde se concentrarán los esfuerzos en realizar una mejora continua pertenece al sistema de dragado del equipo, teniendo como principal causa de falla la detención del equipo por la activación del relé térmico del motor eléctrico de la bomba de dragado (figura 2-10). Cabe destacar, que la causa de falla de la detención del equipo por la activación del relé es principalmente por la mala operación de los encargados del equipo, ya que lo llevan a niveles altos de sobre exigencia con el motivo de poder tirar más caudal hacia afuera de la piscina de tratamiento donde está operando, no siendo un problema principalmente de mantenimiento, sino de capacitación de los operadores.

Dados los resultados del gráfico y la acotación anterior sobre la detención del relé térmico, concentraremos nuestro plan de mantención en el sistema de dragado de la bomba, incluyendo tanto la bomba de dragado, como el motor eléctrico que la alimenta.



Figura 2-10 Motor eléctrico de bomba de lodo

2.6.2. Diagrama Ishikawa

El Diagrama Ishikawa o también conocido como “cola de pescado”, creado por Kaoru Ishikawa, de nacionalidad japonesa, es una herramienta de análisis que permite relacionar efectos que produce una problemática y las posibles causas que lo ocasionan. (PROGRESSA)

El objetivo de realizar este diagrama causa-efecto es determinar las causas que ocasionan la detención del equipo, basados en el sistema de dragado, ya que, por los resultados obtenidos del Diagrama de Pareto realizado con anterioridad, arrojó que la mayoría de las problemáticas del equipo están en dicho sistema.



Figura 2-11 Diagrama Ishikawa

1.1 ANÁLISIS DE CRÍTICIDAD

El análisis de criticidad es una metodología para mejorar la confiabilidad operacional, el cual permite la jerarquización de sistemas, subsistemas, equipos o elementos de una empresa, con el fin de centrar los recursos, en este caso el mantenimiento, a los equipos más críticos dentro de la empresa.

El método que se utilizara es el modelo de criticidad semicuantitativo “CTR” es un proceso de análisis semicuantitativo, soportado en el concepto del riesgo, entendido como la consecuencia de multiplicar la frecuencia de un fallo por la severidad del mismo. Este método ha sido desarrollado por consultoras y empresas internacionales y utilizadas por un número importante de industrias.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\textbf{Criticidad} = \textbf{Frecuencia} \times \textbf{Consecuencia}$$

Donde la frecuencia (FF) está asociada a la cantidad de eventos o falla que haya tenido el equipo en un intervalo de tiempo determinado y la consecuencia tiene como referencia: al impacto operacional (IO), flexibilidad operacional (FO), los costos de mantenimiento (CM) y los impactos en seguridad, higiene y ambiente (SHA).

La consecuencia matemáticamente se puede expresar como:

$$\textbf{Consecuencia} = ((\textbf{Impacto Operacional} \times \textbf{Flexibilidad Operacional}) + \textbf{Costes de Mtto.} + \textbf{Impacto en SHA})$$

La expresión final del modelo de priorización de CTR será la siguiente:

$$\textbf{CTR} = \textbf{FF} \times ((\textbf{IO} \times \textbf{FO}) + \textbf{CM} + \textbf{SHA})$$

Los factores ponderados de los criterios de evaluación establecidos se presentarán a continuación:

La Frecuencia falla (FF) indica la cantidad de fallas que tiene el equipo en un intervalo de tiempo determinado.

Frecuencia de Fallos (FF)	
Pobre mayor a 4 fallos/año	4
Promedio 2-4 fallos/año	3
Buena 1-2 fallos/año	2
Excelente menos de 1 fallo/año	1

Tabla 2 Frecuencia de fallas

El impacto operacional (IO) es el porcentaje o capacidad de producción que se afecta cuando ocurre una falla.

Impacto Operacional (IO)	
Parada inmediata del servicio	10
Parada de la unidad asistencial	6
Impacta en niveles de producción o calidad	4
Repercute en costes de operación asociados con la indisponibilidad	2
No genera ningún efecto significativo sobre la actividad	1

Tabla 3 Impacto operacional

La flexibilidad operacional (FO) es definida como la posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la producción sin incurrir en costos o pérdidas considerables.

Flexibilidad Operacional (FO)	
No existe opción de servicio y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1

Tabla 4 Flexibilidad operacional

Los costos del mantenimiento (CM) son todos los costos que implica la labor de mantenimiento, dejando por fuera los costos inherentes a los costos de producción sufridos por la falla.

Costes de Mantenimiento (CM)	
Mayor o igual a 50.000 CLP	2
Inferior a 50.000 CLP	1

Tabla 5 Costes de mantenimiento

Impacto en seguridad, higiene y medio ambiente (SHA) se enfoca en evaluar los posibles inconvenientes que puede causar sobre las personas o el medio ambiente.

Impacto en Seguridad-Ambiente-Higiene (SHA)	
Afecta a la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Afecta al ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta las instalaciones provocando daños severos	4
Provoca daños menores (accidentes e incidentes)	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	0

Tabla 6 Impacto en seguridad, ambiente e higiene

El equipo por analizar será la draga LWT Pit Hog “RUNT” modelo RCLPES la cual será dividida en subsistemas con el fin de identificar el subsistema crítico, al cual se le efectuará el plan de mantenimiento.

Los subsistemas por analizar son los siguientes:

Bomba de lodo Hayward Gordon XR4-11, motor eléctrico 40 HP Bomba de lodo, cuadro de válvulas, bomba hidráulica, motor eléctrico 10 HP Bomba hidráulica, motor hidráulico Cabrestante de izaje, motor hidráulico Cabrestante transversal, motor hidráulico #1 Barrenadora, motor hidráulico #2 Barrenadora, tornillo sin fin Barrenadora y el tablero de mando y control.

Según las ponderaciones obtenidas de las tablas anexadas anteriormente, se realizó una nueva tabla en donde se plasman las ponderaciones obtenidas para cada subsistema y mediante las fórmulas anteriormente mostradas, se calculó sus consecuencias, y su criticidad total.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE SUBSISTEMAS DE LA DRAGA LWT PIT HOG “RUNT” MODELO RCLPES								
SUBSISTEMAS	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTOS DE MTTO.	IMPACTO SHA	CONSECUENCIAS	TOTAL	JERARQUIZACION
Bomba de lodo Hayward Gordon XR4-11	4	6	4	2	6	32	128	CRÍTICO
Motor electrico 40 HP Bomba de lodo	3	6	4	1	0	25	75	SEMI CRÍTICO
Cuadro de válvulas	3	4	2	1	1	10	30	SEMI CRÍTICO
Bomba hidráulica	1	4	4	2	0	18	18	NO CRÍTICO
Motor electrico 10 HP Bomba hidráulica	1	4	4	2	0	18	18	NO CRÍTICO
Motor hidráulico Cabrestante de izaje	1	4	4	2	1	19	19	NO CRÍTICO
Motor hidráulico Cabrestante transversal	1	4	4	2	1	19	19	NO CRÍTICO
Motor hidráulico #1 Barrenadora	2	4	4	2	1	19	38	SEMI CRÍTICO
Motor hidráulico Barrenadora #2	2	4	4	2	1	19	38	SEMI CRÍTICO
Tornillo sin fin Barrenadora	1	4	4	2	0	18	18	NO CRÍTICO
Tablero de mando y control	2	4	1	1	0	5	10	NO CRÍTICO

Tabla 7 Análisis de criticidad para subsistemas del equipo

Como conclusión del análisis de criticidad realizado, se pudo identificar como el subsistema de mayor criticidad a la Bomba de lodo Hayward Gordon XR4-11, a la cual le será realizado un plan de mantenimiento, el cual se profundizará en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO 3: PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

3. PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

3.1. LA PLANIFICACIÓN Y SU RELEVANTE PARTICIPACIÓN EN EL PROCESO PRODUCTIVO

La planificación es una herramienta de carácter administrativa que suministra información clara y objetiva, de la cual se tomarán decisiones a futuro. El objetivo de realizar una planificación es lograr los objetivos y metas propuestas por los altos mandos de una empresa. Para el presente caso, la importancia de realizar una planificación de mantenimiento al equipo en estudio permitirá al gerente del área de mantención de la empresa tomar decisiones, gestionar los recursos necesarios y distribuir las tareas establecidas en la planificación.

Determinar el objetivo principal al cual se quiere llegar, es un aspecto clave en la planificación. Este objetivo debe ser medible y realista, esto dará los cimientos para construir la planificación y luego al ser ejecutada se podrá evaluar si fue realizada con éxito o si el resultado no fue el esperado por la gerencia. (Suarez, 2009)

La formación de un correcto equipo de trabajo es parte fundamental para lograr el objetivo fijado con anterioridad. Los participantes deben ser competentes y con conocimientos técnicos específicos. Según su puesto en la jerarquización de la empresa, será la responsabilidad que tendrán sus labores a realizar dentro la de planificación, por ejemplo, el gerente del área de mantención será el responsable de determinar el objetivo del proyecto y en colaboración con un planificador, realizar la planificación en sí. Por otro lado, el jefe del área será el responsable de suministrar la información a los coordinadores del área de mantención (coordinador mecánico del área y coordinador de trabajos eléctricos). Los coordinadores tendrán la responsabilidad de distribuir las tareas establecidas a los mecánicos del área, inspeccionar las tareas realizadas y también informar al jefe del área mediante informes cuando las tareas sean cumplidas, si fueron logradas o si necesitan recursos adicionales para poder realizarlas. Los mecánicos del área serán entonces, los responsables de ejecutar las tareas propuestas en la planificación e informar a su cargo superior cuando hayan sido realizadas o si existe algún percance que dificulte su correcta operación.

3.1.1. Enfoque de la planificación basado en el proceso

Se define como proceso al conjunto de actividades que tienen interacción entre si donde se toma una materia prima y se transforma en un resultado. El resultado de un proceso se alcanzará de manera más eficiente si las actividades y los recursos se gestionan como un proceso productivo.

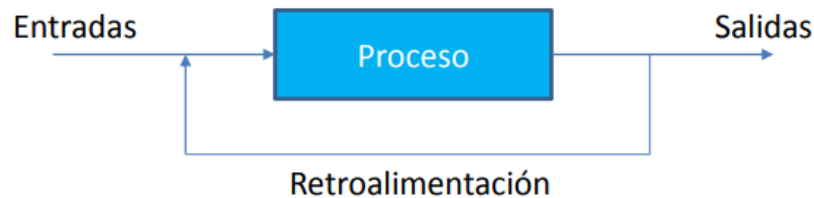


Figura 3-1 Elementos de un proceso productivo

Como se puede apreciar en la figura 3-1, existen cuatro factores que necesitan ser estudiados para que el proceso se realice con éxito, con la convicción de estar siempre inserto en una mejora constante.

Entradas:

Son aquellos recursos como recursos e insumos necesarios para efectuar el proceso que son obtenidos mediante proveedores. (repuestos de componentes mecánicos, herramientas, etc.)

Proceso:

Es el conjunto de actividades a realizar, relacionadas entre sí. En este caso, las actividades de mantenimiento que se realizarán en el equipo

Salidas:

Es el resultado del proceso productivo, en este caso, de las tareas establecidas en la planificación del mantenimiento, que tienen como objetivo mejorar la disponibilidad operacional del equipo.

Retroalimentación:

Es el método de control que tiene el proceso, donde se identifican fortalezas, debilidades del proceso efectuado y las posibles mejoras a realizar. Para este caso, un elemento de comparación puede ser el procedimiento de cambio de componentes mecánicos, según lo indica el fabricante o proveedor versus el cómo se realizó en el taller. Otro ejemplo es comparar el tiempo que se empleó en realizar las tareas asignadas, con el tiempo que estaba designado por planificación para dichas tareas.

3.2. **LA PROGRAMACION EN EL MANTENIMIENTO**

Es el proceso en el cual se unen los trabajos a realizar con los recursos y se le asigna una secuencia en un orden cronológico, se basa en el orden que se deben realizar los mantenimientos según su criticidad, disponibilidad del equipo de mantenimiento y del material necesario. El objetivo principal de este proceso es dar orden a las tareas de mantenimiento para así lograr un uso más eficiente de los recursos y determinar los plazos más cortos posibles para la ejecución de una tarea.

La programación del mantenimiento es dada según el equipo y según la inspección que se realice en la industria, la programación puede ser diaria, semanal, mensual, semestral, etc.

Etapas de la programación:

1. Iniciación y creación de un requerimiento de trabajo.

Esta etapa se centra en la identificación adecuada del trabajo, en esta etapa se debe dar a lugar apenas se identifique el trabajo y es en esta etapa donde se coloca toda la información que el solicitante considera pertinente para la ejecución del trabajo, como lo son: el número del equipo, fecha del requerimiento, pequeña descripción del problema, nombre del solicitante, entre otras.

2. Revisión y aprobación de los requerimientos.

En esta etapa los planificadores consultan en la base de datos, para identificar las nuevas solicitudes de trabajo, las cuales son ordenadas según su prioridad y tipo de trabajo para determinar la disposición correcta y generar una orden de trabajo (ODT).

3. Análisis, recolección de datos, alcance y estimaciones.

El objetivo de esta etapa es asegurarse de que el alcance del trabajo y la razón para hacerlo estén claros y que el planificador, mediante la comunicación con los trabajadores debidamente informados como lo son los supervisores, técnicos especialistas, etc., obtenga información que pueda ayudar a desarrollar el plan de trabajo y las dotaciones de recursos.

4. Identificación de materiales, necesidad de procura y estrategia de ejecución.

Un factor clave para la ejecución eficiente de los trabajos de mantenimiento, es que los materiales y herramientas necesarias, estén disponible y a mano para ser utilizadas, esto asegura que los técnicos puedan ir directamente a ejecutar las actividades. Igualmente, el planificador tiene que procurar preparar una solicitud de compra para los materiales o herramientas que no se encuentren en stock.

5. Identificación de los recursos, habilidades y competencias requeridas, servicios requeridos.

Esta etapa se basa en la evaluación de la mano de obra que se utilizara, antes de pasar a la ejecución de los trabajos. Por esta razón todos los trabajos se planificarán de acuerdo a la mano de obra especializada que se requiere para los distintos trabajos.

6. Creación de una orden de trabajo.

Las ordenes de trabajo es el documento más importante dentro del proceso de programación por lo que debe contener como mínimo la siguiente información:

- Los detalles del trabajo que abarcara la orden de trabajo.
- El tipo de orden de trabajo (limpieza, inspección, mantenimiento correctivo, etc.)
- El número o código del equipo a intervenir y su ubicación.
- Las horas estimadas a ser utilizadas por el personal que ejecutara la tarea.

También debe contener espacio para los datos de cierre de la orden de trabajo tales como:

- Tiempo de inicio y de culminación del trabajo.
- Los comentarios del personal de mantenimiento al término del trabajo.
- Cualquier recomendación de cambio de procedimiento o estrategia de ejecución.
- Los repuestos o materiales adicionalmente utilizados en la tarea.

7. Programación y jerarquización de las ordenes de trabajo.

El programador debe solicitar actualizaciones semanales de mano de obra y disponibilidad de los equipos y de las herramientas requeridas, para asegurar que las previsiones hayan sido bien hechas. Se debe definir un orden dentro de las ordenes de trabajo, es para esto que los equipos se jerarquizan según su criticidad, retraso acumulado, ventanas de oportunidad que se puede perder, entre otras.

8. Reunión de coordinación.

Con la programación preliminar concluida, el programador debe citar a reunión a todos los actores que se involucran en la ejecución de los trabajos como lo son: compras, bodega, confiabilidad, supervisores de mantenimiento, entre otros. Para que las distintas partes puedan ponerse de acuerdo según la disponibilidad del equipo, la compra de repuestos, etc. Después de las aprobaciones de todas las partes, el programador finaliza el proceso de programación y la orden de trabajo cambia al estatus “programado” y se le da fecha de inicio.

9. Ejecución de la actividad.

Una vez finalizada la programación, el programador debe distribuir las distintas ordenes de trabajo a los supervisores de mantenimientos para que estos ejecuten la tarea. Los planes serán utilizados para que los técnicos se informen de la descripción del trabajo, para que con esto el personal tome conocimiento de los requerimientos del trabajo, los aspectos de seguridad, higiene y medio ambiente (SHA) que están involucrados, entre otras consideraciones. Luego de ejecutar la actividad, el técnico debe ser riguroso en los aspectos de orden y limpieza, cierre de permisos y re-condicionamiento de los equipos antes de ser entregados a operaciones.

10. Retroalimentación, seguimiento, reporte técnico y cierre de la orden.

El trabajo no da por finalizado sin que antes haya una retroalimentación entre el técnico que ejecuto el trabajo y su supervisor. Una retroalimentación básica debe contener como mínimo: las horas de mano de obras utilizadas, materiales y partes utilizados, revisión de los procedimientos y planes de trabajos (en función de mejorarlos o corregirlos), otras herramientas especiales utilizadas y las dificultades que se presentaron en la ejecución del trabajo. Esto permite al planificador obtener información para mejorar su trabajo, optimizar los tiempos y mejorar el uso de los recursos.

11. Indicadores de gestión.

Los indicadores de gestión son claves para medir el rendimiento del proceso de programación, para optimizar los recursos utilizados y para mejorar la eficacia de la programación. Los indicadores de gestión deben ser medidos y reportados para así ser comparados con los objetivos de la empresa y de esta manera generar una mejora si es necesaria.

3.3. **EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

Definición:

Se entiende como mantenimiento al conjunto de actividades que se realizan con el propósito de conservar el estado óptimo de operación de un activo, o en el caso de fallas, restablecer dicho activo a su funcionamiento normal, velando por la disminución de las mismas.

Beneficios incluir el mantenimiento en la industria:

El objetivo de realizar un plan de mantenimiento industrial se puede sintetizar en los siguientes puntos:

- Evitar y reducir fallas del equipo.
- Disminuir el impacto de las fallas en caso de no poder evitarse.
- Reducir detenciones del proceso, aumentando su producción.
- Evitar accidentes relacionados con el mal mantenimiento de los equipos.
- Garantizar una operación confiable y segura del equipo.
- Minimizar incidentes de operación, aumentando la seguridad del equipo al operar.
- Alcanzar o aumentar la vida útil de los bienes.
- Reducir costes relacionados a la detención del equipo por reparaciones y daños.

El mantenimiento industrial ha estado en constante evolución desde la revolución industrial, en donde con la aparición de las primeras máquinas, se iniciaron los trabajos de reparación y de igual manera los conceptos de competitividad, costos, entre otros. Primitivamente, el mantenimiento industrial no era de gran relevancia para los productores. Hoy en día, esta visión del mantenimiento a cambiado radicalmente, siendo un actor principal inserto en el proceso productivo de cualquier industria, debido a los grandes beneficios que entrega.

3.3.1. Tipos de mantenimiento

Mantenimiento correctivo:

Con la llegada de la segunda guerra mundial y de la producción en serie, las empresas se vieron con la obligación de contar con un plan de mantenimiento destinado a la reparación de las maquinarias utilizadas, en el menor tiempo posible, para que no afecte de manera significativa la producción de la empresa, es en este contexto donde nace el primer tipo de mantenimiento, hoy conocido como mantenimiento correctivo.

Este tipo de mantenimiento es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados que se efectúa una vez que el equipo falla, es un tipo de mantenimiento que no es programado, actualmente es utilizados en equipos en que su relación costo producción es baja, es decir es mejor esperar que falle el equipo para así aprovechar al máximo su vida útil y no parar la producción.

Tiene como inconveniente que la falla puede presentarse en un momento inesperado en donde no se cuente con el personal o equipo necesario para mitigar la falla, otro inconveniente es que la falla al no ser detectada a tiempo puede generar daños significativos a otro equipo.

Mantenimiento preventivo:

Fue en el año 1950 cuando un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto de mantenimiento basado principalmente en las recomendaciones de los fabricantes del equipo acerca de los cuidados que debían tener en la operación y en el mantenimiento de estos.

Este tipo de mantenimiento es el conjunto de actividades programadas como inspecciones, pruebas, reparaciones, entre otras, con el objetivo de anticiparse a una interrupción imprevista de una máquina y por lo tanto a la interrupción de un proceso productivo.

La principal desventaja de este mantenimiento es que, al anticiparse a la falla, el cambio del elemento o de la máquina, se hace antes de que cumpla con la totalidad de su vida útil.

Mantenimiento predictivo:

A partir de 1966 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento creadas a final del periodo anterior, y con la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento pasa a desarrollar criterios de predicción de fallas, visualizando así la optimización de la actuación de los equipos de ejecución del mantenimiento.

Este tipo de mantenimiento tiene como objetivo, mediante instrumentos de medición, detectar la posible falla antes de que pase, a diferencia del preventivo, este mantenimiento al ocupar estos instrumentos se acerca más a la vida total del equipo por lo que se genera menos pérdida.

La desventaja que tiene es que el costo de la instrumentación que se necesita es elevado al igual que la del personal necesario para su implementación (especialistas).

3.4. PLAN DE MANTENIMIENTO DE TIPO PREVENTIVO A LA BOMBA TIPO DRAGA RADIO CONTROLADA

Debido a que la empresa Nexxo S.A. es una empresa de servicios industriales, el tiempo de intervención destinado para el equipo es reducido ya que debe estar permanentemente en faena y al no contar con herramientas para realizar mantenciones de tipo predictiva y ni especialistas en análisis predictivos, la opción viable de mantenimiento es el de tipo preventivo.

Centrado en el sistema de dragado de la bomba, ya que es el sistema principal y más crítico del equipo, con mayor número de fallas, se busca con este tipo de plan de mantenimiento disminuir las fallas de los elementos mecánicos tanto de la bomba de dragado, como del motor eléctrico que la alimenta. No obstante, el sistema hidráulico del equipo al ser un sistema semi-crítico, también se aprovechará la oportunidad de intervenir el equipo para realizar inspecciones de aceite hidráulico, estado de los filtros y del cuadro de válvulas, ya que, al disminuir las fallas de este sistema, ayudará al sistema de dragado a operar en óptimas condiciones.

Al ser un tipo de plan centrado en la vida útil de los componentes y en el tiempo de operación de estos, es indispensable tener un registro confiable del tiempo de operación del equipo. Una buena manera de llevar este monitoreo es con la instalación de un horómetro al equipo y al inicio y fin del turno, redactar en una bitácora propia, la hora de inicio de operación y de termino, el responsable de dicha tarea será directamente el operador en turno.

3.4.1. Planificación de tareas programadas de tipo preventivo para bomba tipo draga radio controlada

Las tareas programadas de mantenimiento serán en periodos de tiempo diarios, semanales, mensuales, semestrales y anuales. Se exhibe una tabla de tareas a realizar por cada sistema crítico y semi-crítico del equipo. También se adjunta una tabla con tareas programadas para otros componentes del equipo, las tareas de esta tabla son mayormente inspecciones a los componentes para realizar un seguimiento del estado de operación del equipo en el tiempo.

La planificación de mantenimiento que se presenta está basada en el catálogo del equipo, donde muestra las respectivas tareas de mantenimiento requerida para cada subsistema. Los cambios de componentes mecánicos como lo son los rodamientos y sellos mecánicos se basaron en el tiempo de vida útil que se entregaba en el catálogo de dichos componentes.

Debido a que no se contaba con una bitácora de trabajo ni con un horómetro no se podía tener con exactitud un indicador de fallas como lo es el MTBF (Tiempo medio entre fallas) por lo cual, algunas de las tareas fueron planificadas guiadas por órdenes de trabajo recopiladas y por información de los mecánicos del taller

Tareas programadas para sistema de la barrenadora:

PROGAMACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Periodo	Diario	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
Sistema de la barrenadora					
Limpiar el área alrededor del eje del motor e inspeccionar si hay fugas	X				
Inspeccionar los pernos de montaje del sinfín para ver si están apretados		X			
Inspeccionar los pernos de la cuchilla del cortador de la barrenadora para ver si están apretados		X			
Inspeccionar las mangueras y accesorios hidráulicos por fugas y desgaste		X			
Revisar la barrenadora para detectar restos atascados	X				
Reemplazar las cuchillas desgastadas					X
Reemplazar el sello del motor hidráulico y el eje si está gastado o tiene fugas					X

Tabla 8 Planificación de tareas sistema de barrenadora

Tareas programadas para sistema de dragado (bomba de lodo)

Período	Diario	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
Bomba de lodo					
Asegurarse que la entrada esté libre de obstrucciones o desechos	X				
Revisar el estado del cable de alimentación del motor		X			
Revisar el desgaste en otras partes				X	
Revisión de aislación del estator del motor eléctrico				X	
Inspección de fugas de aceite				X	
Cambio de conjunto de sello mecánico superior y conjunto de sello mecánico inferior				X	
Cambio de impulsor					X
Inspección de eje de la bomba				X	
Cambio de eje de la bomba en caso de ser requerido					X
Inspección de eje de la bomba				X	
Cambio de rodamientos					X

Tabla 9 Planificación de tareas sistema de dragado

Tareas programadas para sistema de poleas de transporte:

Período	Diario	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
Sistema de carril (cuando se use)					
Revisar la lectura del tensiómetro para asegurar la tensión adecuada del cable		X			
Revisar las abrazaderas de cable y del equipo para ver si están apretadas			X		
Engrasar roldanas del cable de tensión		X			
Engrasar roldanas del lazo cerrado		X			
Engrasar toda la corredera		X			
Inspeccionar el cable por daños o desgaste		X			
Inspeccionar y engrasar el circuito cerrado, tornos de tensión y tensiómetros cuando se usen		X			

Tabla 10 Planificación de tareas sistema de transporte

En la sección de anexos 3: Planificación y programación del mantenimiento, se podrá visualizar la tabla de tareas programadas para componentes varios del equipo, tabla 31. Estos componentes no representan una alta criticidad, pero si da un valor agregado a la planificación.

1.2 CHECK LIST DE TAREAS DE LA PLANIFICACIÓN

Un Check list o también llamado listado de chequeo, es una herramienta de control de actividades que tiene como propósito generar un documento informativo de actividades realizadas en un proceso. Para determinar el resultado de las actividades, se evalúan según los criterios de “logrado” y “no logrado”. Por último, existe una casilla de observaciones para cada tarea en el cual se pueden adjuntar, por ejemplo, dificultades que ocurrieron al realizar dichas tareas.

Check list para tareas diarias:

CHECK LIST TAREAS DIARIAS			
Tarea programada	logrado	no logrado	Observaciones
Sistema de la barrenadora			
Limpiar el área alrededor del eje del motor e inspeccionar si hay fugas			
Revisar la barrenadora para detectar restos atascados			
Bomba de lodo			
Asegurarse que la entrada esté libre de obstrucciones o desechos			
Sistema de cabrestante transversal			
Inspeccionar la polea de transmisión transversal para ver si hay desgaste			
Engrasar ejes de roldana tensora uno o dos toques según sea necesario			
Compruebe los tornillos de fijación del collar de traba para la hermeticidad			
Engrasar bloque de poleas de arranque			
Sistema de elevación			
Inspeccionar el cable de elevación para detectar desgaste y las abrazaderas del cable para ver si están apretadas			
Asegurar de que el cabrestante funcione en la dirección correcta			
Otros componentes			
Inspeccionar el nivel de aceite del depósito hidráulico a través de la mirilla			
Verificar la temperatura del aceite hidráulico después de que la draga haya estado funcionando durante al			
Revisar el área alrededor del eje del motor de la barrenadora con la draga apagada y limpiar según sea necesario			
Revisar si hay vibraciones que indiquen problemas con la bomba de lodo o el sistema hidráulico			
Verificar si hay evidencia de fugas de aceite hidráulico en el motor y las mangueras			

Tabla 11 Check list tareas diarias

Como se ejemplifica en la tabla 11, los check list están determinados por el tiempo en el cual se deben realizar. Existen check list para lapsus de tiempos diarios, semanales, semestrales y anuales. Para visualizar los demases, dirigirse a sección de anexos 3: Planificación y programación del mantenimiento, tablas 32 a la 35.

1.3 PROPUESTA DE ORDEN DE TRABAJO

Una orden de trabajo es un documento escrito en donde se describen las características de un equipo, su ubicación, las actividades de mantenimiento a realizar o ya realizadas, entre otras cosas. Aportará con registros históricos del equipo para futuras intervenciones.

					
UNA EMPRESA DEL GRUPO  ECHEVERRÍA IZQUIERDO					
				SEMANA N°:	
				FECHA:	
				Nº DE OT:	
ORDEN DE TRABAJO					
AREA DE TRABAJO			EQUIPO DETENIDO		
☐ EN FAENA	☐ CASA MATRIZ		☐ SI	☐ NO	
EQUIPO INVOLUCRADO:					
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD:					
HORA INICIO DE TRABAJO:			FECHA INICIO DEL TRABAJO:		
HORA TERMINO DE TRABAJO:			FECHA TERMINO DEL TRABAJO:		
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD REALIZADA			Dotación N°	Duración HRS.	HRS/HOMBRE AVANCE %
REPUESTOS E INSUMOS			REPUESTOS E INSUMOS		
NOMBRE PERSONAL INVOLUCRADO			NOMBRE PERSONAL INVOLUCRADO		
OBSERVACIONES:					
EJECUTOR	SUPERVISOR	APROBADO POR:			
Nombre:	Nombre:	Nombre:			
Fecha:	Fecha:	Fecha:			
Firma:	Firma:	Firma:			

Tabla 12 Orden de trabajo

1.4 PROPUESTA DE BITÁCORA DE TRABAJO

1.5 INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Los indicadores son herramientas que miden variables de gestión que afectan a un proceso manera cualitativa y cuantitativa, con la finalidad de comparar resultados obtenidos versus resultados esperados. Sirven como una medida de control y también para proponer acciones de mejoras a futuro. Algunos de los indicadores más utilizados en la gestión de los procesos son de eficacia, eficiencia y productividad.

Para poder realizar un indicador se necesita contar con la información de la variable a medir disponible, además tiene que ser modificable con el tiempo, ya que, si la información cambia, el indicador debe adecuarse para poder seguir otorgando el parámetro de comparación buscado.

1.5.1 Indicadores de mantenimiento para la planificación

Estos indicadores buscan llevar un control de las tareas realizadas según la planificación del mantenimiento. Con ellos se podrá determinar si los objetivos de la planificación fueron logrados según lo esperado por la gerencia.

Indicador de eficacia:

Para este indicador estará la variable de **número de tareas realizadas (NTR)** y **número de tareas totales a realizar (NTT)**. Este tipo de indicador puede ser utilizado para las tareas de planificación diarias, semanales, semestrales y anuales.

Indicador: $(NTR/NTT) \times 100$.

Indicador de productividad:

También, se planteará un indicador de productividad relacionado con las variables **número de tareas realizadas logradas (NTRL)** y **número total de tareas realizadas (NTTR)**. Al igual que el anterior, este indicador sirve como medida de control para tareas de planificación diarias, semanales, mensuales, semestrales y anuales.

Indicador: $(NTRL/NTTR) \times 100$.

1.5.2 Indicadores para el equipo en operación

El objetivo de determinar indicadores de operación para el equipo es poder determinar el comportamiento del equipo mientras está en funcionamiento. Con el resultado de estos, se podrá determinar si está funcionando de manera eficiente y eficaz según los parámetros establecidos por la gerencia para los indicadores.

Indicador de eficacia:

En este indicador estarán las variables de **detenciones por fallas funcionales (DFF)** y **tiempo de operación por mes (TOM)**. Este indicador tiene como fin llevar un catastro del porcentaje de fallas funcionales que ocurren en el equipo dentro de un mes de trabajo.

$$\text{Indicador: } (DFF/TOM) \times 100$$

Otro indicador de eficacia aplicable al equipo en operación es el que contribuirá a determinar la disponibilidad operacional del equipo. Para lograr dicho indicador tenemos las variables de **tiempo de operación por mes (TOM)** y **tiempo estimado de operación por mes del equipo (TEOM)**. El equipo funciona 20 días al mes con jornadas de 8 horas de trabajo, por ende, el tiempo estimado de operación por mes será de 160 horas.

$$\text{Indicador: } (TOM/TEOM) \times 100$$

Indicador de productividad:

Para poder cuantificar la productividad del equipo y el correcto funcionamiento del mismo, se establecerá un indicador que tenga como variables la **cantidad de galones dragados en una hora (GPH)** y **cantidad de galones dragados en una hora por diseño (GPHD)**. Según el catálogo, el sistema de dragado está capacitado para retirar 90 GPM, por ende, en una hora serán 540 galones.

$$\text{Indicadores: } (GPH/GPHD) \times 100$$

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

4. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

Se denomina análisis económico a la relación de variables que interactúan entre si e influyen en la toma de decisiones para asignar recursos a los proyectos, los encargados de realizar estos tipos de análisis mayormente son gerentes de área con la ayuda de especialistas como auditores. Este tipo de análisis es de importante tanto para grandes, medianas o pequeñas empresas, ya que el objetivo del análisis es determinar la vida del proyecto, su rentabilidad, a quienes será ofrecidos, quienes están interesados en él, etc. El análisis de mercado cuenta con distintas herramientas y metodologías de estudio para determinar cómo será el comportamiento del proyecto en el tiempo, como por ejemplo la evaluación del proyecto donde se incluyen análisis de mercado, estudios técnicos, legales, medio ambientales, administrativos y financieros.

El nombre asignado para el proyecto es el de: Planificación de mantenimiento a bomba tipo draga radio controlada. La realización de la propuesta de un plan de mantenimiento para la bomba tipo draga radio controlada tiene como origen la necesidad de la empresa Nexxo S.A. de aumentar su disponibilidad operacional de la mano con una disminución de los costos de mantenimiento asociados. La ubicación geográfica donde se realizará este proyecto es en la casa central de la empresa Nexxo S.A. ubicada en el Parque Gulmué, S/N, Lote 3A, Concón, Valparaíso. El beneficio de realizar el proyecto recaerá tanto en la empresa en general, como en el área de mantención de esta, que es la encargada de velar por el correcto funcionamiento del equipo en operación.

El departamento responsable de la realización de este proyecto (unidad formadora) es la gerencia del área de mantención de la empresa, de la mano con el área de finanzas. En este caso se verían involucrados directamente en su creación el gerente del área de mantención, subgerente del área de mantención, jefe del área de mantención y el auditor del área de finanzas.

La responsabilidad de ejecutar el proyecto (unidad ejecutora) serán los trabajadores del área de mantención, para este caso serán: jefe del área, coordinadores del área y mecánicos.

A modos de generar un marco de referencias, actualmente los costos de mantenimiento se han visto aumentados debido a una mala planificación, carente de documentación valiosa para poder efectuar una planificación que se adecue al objetivo que tiene la empresa con respecto al equipo que es tener un correcto funcionamiento en operación sin generar imprevistos en implementación de recursos (repuestos) con altos costos para la empresa.

Los ingresos para la empresa Nexxo S.A, por el servicio de dragados de la bomba tipo draga radio controlada es de **US\$188.383,04** mensuales. El equipo opera 20 días al mes con turnos de trabajo de 8 horas diarias. Por ende, el ingreso anual por este servicio de dragado es de **US\$2.260.596,55**

La principal causal que los ingresos por el servicio de dragado no sean los esperados, son las detenciones del equipo por fallas funcionales. En el presente, el equipo ha tenido que ser retirado de faena 5 veces por año. Esto implica que el equipo deba bajar a la casa matriz de la empresa para realizar las mantenciones correspondientes. El equipo de trabajo a cargo de las mantenciones del equipo demora aproximadamente entre 5 y 10 días hábiles en despachar el equipo en óptimas condiciones de trabajo.

4.1. **TIPOLOGÍA DEL PROYECTO**

Este proyecto se encasilla en la tipología según el objeto de inversión ya que su finalidad es la modernización del cómo se ejecutan y como se destinan los recursos para las mantenciones requeridas por la bomba tipo draga radio controlada. Precisamente sería un proyecto para una empresa ya en marcha, en este caso siendo el beneficiario NEXXO S.A.

Cabe destacar que, según la estructura económica del mercado chileno, este proyecto se ve inserto en el Oligopolio ya que no son muchos los que ofrecen estos tipos de mantenciones específicas a equipos de bombeo de estas características.

4.2. **INGRESOS ESPERADOS POR SERVICIO DE DRAGADA Y PÉRDIDA POR DETENCIONES DEL EQUIPO**

4.2.1. Ingresos anuales presentes esperados por servicio de dragado

Ingresos anuales presentes esperados por servicio de dragado			
Servicio	Meses	Precio por mes	Anual
Bomba tipo draga radio controlada	12	US\$188.383	US\$2.260.596

Tabla 14 Ingresos anuales presentes esperados

4.2.2. Ingresos mensuales esperados por servicio de dragado

Ingresos esperados presentes por mes				
Servicio	Días de trabajo	Horas de trabajo por día	Precio por hora	Precio mes
Bomba tipo draga radio controlada	20	8	US\$1.177	US\$188.383

Tabla 15 Ingresos mensuales esperados

4.2.3. Perdidas presentes por detenciones de equipo anual

Perdidas presentes por detenciones del equipo					
Servicio	Detenciones por año	Duración de la detención en días	Horas de trabajo por día	Precio por hora	Total perdidas
Bomba tipo draga radio controlada	5	10	8	US\$1.177	US\$470.957

Tabla 16 perdidas presentes por detenciones

4.3. **GASTOS PRESENTES EN LA PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO PARA BOMBA TIPO DRAGA RADIO CONTROLADA**

A modo de ejemplificar los costos de la planificación, se expondrán los gastos directos e indirectos en un periodo anual de tiempo. Debido a la falta de información entregada por la empresa NEXXO S.A. Se ha debido estimar algunos de estos gastos, cuidando siempre estar lo más cercano a la realidad de estos costos.

4.3.1. Costos directos.

Se les llamará costos directos a las inversiones monetarias que influirán directamente en el proceso productivo del proyecto, en este caso, los que influyan directamente en la realización de las tareas de mantenimiento del equipo. Un ejemplo de estos costos son la materia prima necesaria para realizar las tareas de mantención y los trabajadores encargados de realizar dichas tareas. A continuación, se expone la tabla de costos directos presentes de la mantención del equipo, por año.

Gastos en repuestos:

Repuestos sistema de dragado	Cantidad	US\$/Unidad	TOTALES
Conjunto sello mecánico superior	5	15,69	78,49
Conjunto sello mecánico inferior	5	15,69	78,49
Impulsor	1	78,49	78,49
Eje de bomba	3	47,09	141,28
Rodamientos	10	7,84	78,49
Sello de motor hidráulico	5	4,70	23,54
Mangueras hidráulicas	20	3,13	62,79
Cuchillas de la barrenadora	5	5.000	39,24
Cable de acero 3/8 pulgadas mts	30	5.000	235,47
Abrazaderas	20	2.500	78,49
Filtro hidráulico	4	55.000	345,36
TOTAL			1.240,18

Tabla 17 Gastos en repuestos de sistema de dragado del equipo

Gastos en recurso humano:

Designación	Cantidad	Unidad	Cantidad HH	Precio Unitario	Total
Mecánico	2	HH	2.160	US\$5,49	US\$23.736,26
Maestro	2	HH	2.160	US\$3,92	US\$16.954,47

Tabla 18 Gastos directos en recurso humano

Totales costos directos anuales:

Totales gastos directos anual	
Repuestos sistema de dragado	US\$ 1.240,18
Recurso humano	US\$ 40.690,07
TOTAL:	US\$ 41.930,91

Tabla 19 Total anual costos directos

4.3.2. Costos indirectos

Los costos de operación de la mantención del equipo están ligados a la inversión que hace la empresa para poder efectuar la mantención en el taller de mantención. Por ejemplo, el costo de movilizar el equipo dentro de la casa matriz. De esta operación está encargada una empresa externa llamada Grúas FIMPEX. También dentro de los costos de operación, están los salarios del gerente del área, subgerente, prevencionista de riesgos, jefe del área de mantención y el coordinador del área ya que no participan directamente en la realización de las tareas programadas de mantención del equipo. Mantenciones externas que se realizan como, por ejemplo, la mantención del estator de la bomba de lodo del equipo y las pruebas operacionales del equipo, son trabajos que se realizan fuera de la empresa. La empresa responsable de efectuar dichas tareas es TECNOELÉCTRICA VALPARAÍSO. Los insumos necesarios para realizar las tareas programadas también son un costo añadido a la operación de la mantención del equipo (EPP, buzos, materiales menores).

A continuación, se expone la tabla total de costos de operación presentes de la mantención del equipo, por año. En la sección de anexos, anexos 3: Análisis económico, tabla 36 a la 40.

Total anual de costos indirectos presentes:

Total anual costos indirectos	
EPP	US\$2.175,82
Equipamiento para oficina en taller de mantención	US\$4.089,48
Insumos para oficina en taller de mantenimiento (Alimentos)	US\$226,05
Insumos para oficina en taller de mantenimiento:	US\$624,01
Insumos taller de mantenimiento	US\$2.150,70
Operaciones externas	US\$5.886,97
Traslado del equipo	US\$5.152,27
Recurso humano	US\$148.521,19
Comunicaciones	US\$4.332,81
TOTAL:	US\$173.159,34

Tabla 20 Total costos indirectos anuales

4.4. **COMPARACIÓN DE COSTOS PRESENTES VERSUS COSTOS FUTUROS Y DISMINUSIÓN DE ESTOS**

4.4.1. Comparación de pérdidas de ingresos por detenciones

Como se expone en la tabla 16, las perdidas actuales por detenciones del equipo tienen un valor para la empresa de **US\$470.957,61**. En la tabla que se expone a continuación se puede verificar la disminución de las perdidas con la nueva propuesta de mantención del equipo.

Perdidas futuras por detenciones del equipo					
Servicio	Detenciones por año	Duración de la detención en días	Horas de trabajo por día	Precio por hora	Total perdidas
Bomba tipo draga radio controlada	2	10	8	US\$1.177.39	US\$188.383,04

Tabla 21 Perdidas futuras por detención del equipo

Como resultado de la nueva planificación de mantenimiento propuesta, se puede evidenciar que el monto entre perdidas presentes y perdidas futuras, disminuyo en un total de **US\$282.574,56 anuales**. Por ende, las perdidas disminuyeron en un **60%** para la empresa Nexxo S.A.

4.4.2. Comparación de costos directos presentes y futuros

4.4.2.1. Gastos futuros directos

Gastos en repuestos:

La cantidad de repuestos requeridos disminuirán ya que la cantidad de intervenciones que se le harán al equipo disminuirán con el mantenimiento preventivo que se le realizara.

Repuestos	Cantidad	US\$/Unidad	TOTALES
Conjunto sello mecánico superior	2	15,69	31,39
Conjunto sello mecánico inferior	2	15,69	31,39
Impulsor	1	78,49	78,49
Eje de bomba	1	47,09	47,09
Rodamientos	10	7,84	78,49
Sello de motor hidráulico	2	4,70	9,41
Mangueras hidráulicas	10	3,13	31,39
Cuchillas de la barrenadora	5	7,84	39,24
Cable de acero 3/8 pulgadas mts	30	7,84	235,47
Abrazaderas	20	3,92	78,49
Filtro hidráulico	2	86,34	172,68
		TOTAL	833,59

Tabla 22 Costos futuros en repuestos

Gastos en recursos humanos:

Los gastos en recursos humanos se mantienen debido a que los mecánicos que efectúan el mantenimiento son de planta por lo que trabajan las mismas respectivas horas.

Total costos directos anuales futuros:

Totales costos directos anual (futuro)	
Repuestos sistema dragado	US\$833,59
Recurso humano	US\$40.690,73
TOTAL:	US\$41.524,33

Tabla 23 Totales costos directos futuros

4.4.2.2. Costos indirectos futuros.

Los costos indirectos se mantienen sin cambios en las áreas de carácter administrativos, implementación de protecciones personales e insumos. Al contrario, se pueden apreciar considerables bajas en los costos asociados a los traslados y operaciones externas dentro de las mantenciones realizadas ya que se reduce la cantidad de traslados al taller de casa matriz NEXXO S.A por mantenciones mal programadas e imprevistas (correctivas).

TRASLADO (futuro)				
Partida	Unidad	Cantidad	US\$/Unidad	TOTALES
Petróleo ida (Litros)	2	570	0,75	US\$859,02
Petróleo vuelta (Litros)	2	570	0,75	US\$859,02
Peajes ida	2	7	12,24	US\$171,42
Peajes vuelta	2	7	12,24	US\$171,42
TOTAL				US\$2.060,91

Tabla 24 Costos futuros en traslado

En relación con las operaciones externas se aprecia la reducción en costos debido a la disminución en ‘movimientos de traslado grúa contratista en casa matriz’ y ‘mantenciones externas’ las cuales bajan gracias al proyecto.

OPERACIONES EXTERNAS				
Partida		Cantidad	US\$/Unidad	TOTALES
Movimientos de traslado grúa contratista en casa matriz		4	US\$313,97	US\$1.255,88
Mantenciones externas		2	US\$549,45	US\$1.098,90
TOTAL				US\$2.354,78

Tabla 25 Costos futuros en operaciones externas

En total se disminuyó un aproximado de **US\$6.279,43** en gastos indirectos gracias a la baja en traslados y operaciones externas, como se puede apreciar en la tabla 26.

Total anual costos indirectos futuros	
EPP	US\$2.175,82
Equipamiento para oficina en taller de mantención	US\$4.089,48
Insumos para oficina en taller de mantenimiento (Alimentos)	US\$226,05
Insumos para oficina en taller de mantenimiento:	US\$624,01
Insumos taller de mantenimiento	US\$2.150,70
Operaciones externas	US\$2.354,78
Traslado del equipo	US\$2.060,91
Recurso humano	US\$148.521,21
Comunicaciones	US\$4.332,81
TOTAL:	US\$166.535,79

Tabla 26 Total anual costos indirectos futuros

A continuación, se expone una tabla con los totales de los costos presentes versus costos futuros, esta tabla incluye tanto costos directos como indirectos.

Total anual costos y ahorro	Presentes	Futuros	Ahorro
EPP	US\$2.175,82	US\$2.175,82	US\$0
Equipamiento para oficina en taller de mantención	US\$4.089,48	US\$4.089,48	US\$0
Insumos para oficina en taller de mantenimiento (Alimentos)	US\$226,05	US\$226,05	US\$0
Insumos para oficina en taller de mantenimiento:	US\$624,01	US\$624,01	US\$0
Insumos taller de mantenimiento	US\$2.150,70	US\$2.150,70	US\$0
Operaciones externas	US\$5.886,97	US\$2.354,78	US\$3.532,18
Traslado del equipo	US\$5.152,27	US\$5.152,27	US\$3.091,36
Recurso humano indirecto	US\$148.521,19	US\$148.521,19	US\$0
Gastos en repuestos	US\$1.240,18	US\$833,59	US\$406,59
Recurso humano directo	US\$40.690,73	US\$40.690,73	US\$0
Comunicaciones	US\$4.332,81	US\$4.332,81	US\$0
TOTAL:	US\$215.090,26	US\$208.060,12	US\$7.030,14

Tabla 27 Total costos y ahorro

Como resultado, los costos en general de la planificación del plan de mantenimiento disminuyeron en **US\$7.030,14**, que corresponde a una disminución del **0.33%**.

Realizando una sumatoria total de los gastos presentes y pérdidas por detenciones del equipo, da un valor de **US\$686.047,88**. Al realizar esta propuesta de mantención al equipo, entre costos y pérdidas por detención, se visualiza un ahorro de **US\$289.604,70 anuales**. Dando como resultado final un ahorro de un **42% anual**.

Total gastos y pérdidas futuros	
costos directos e indirectos	US\$215.090,26
Detenciones del equipo	US\$470.957,61
Total	US\$686.047,88

Tabla 28 Total gastos y pérdidas presentes

Total ahorro	
Costos directos e indirectos	US\$7.030,14
Detenciones del equipo	US\$282.574,56
Total	US\$289.604,70

Tabla 29 Total ahorro con planificación futura

4.5. **PROYECCIÓN DE DEMANDA, IMPLEMENTACIÓN DE NUEVO EQUIPO**

Ya que la demanda real del servicio de dragado no ha sido bien determinado por la empresa Nexxo S.A. Se determina que los ingresos podrían ser mayores si se realiza un estudio acabado de la situación actual de quienes estarían interesados en implementar este tipo de servicio en sus empresas.

Según fuentes de la empresa, está en estudio una nueva faena de producción de la empresa Lumina Cooper, proyecto caserones. Esta sería una gran instancia para la empresa para aumentar sus ingresos por servicios de dragado prestados, ya que se necesitaría de otro equipo que realice la labor de remover sólidos del fondo de las piscinas de relave. Para esto será necesario la inversión de una nueva bomba tipo draga para la empresa.

Para determinar la rentabilidad del proyecto, se ha realizado un flujo de caja con proyección a 5 años. Para determinar la viabilidad y la mejor forma de invertir el capital, se ha propuesto un flujo de caja puro y con préstamo a largo plazo, dentro del préstamo a largo plazo, está la posibilidad de realizar una inversión del 50% y 75% de la totalidad de la inversión. Se proyecta que los ingresos por año aumentarían un 1,07% anual y los costos directos un 1,1% anual.

Los gastos de puesta en marcha del equipo son de US\$2.000 y el capital de trabajo es de US\$1.500, por otra parte, la inversión en maquinaria tendrá un costo de US\$1.000.000. La empresa pretende vender el activo luego de 5 años de trabajo en un valor de US\$300.000.

Los resultados del flujo de caja puro son los siguientes:

Tasa de descuento	0%
TIR	182%
VAN	\$ 9.640.614

Tabla 30 Resultados flujo de caja puro

Según los resultados obtenidos, se puede evidenciar que el proyecto de invertir en una nueva bomba de dragado para la empresa es rentable con un flujo de caja puro o financiado, ya que el indicador VAN es mayor a US0 y la TIR es mayor a la tasa de descuento. Para los flujos con préstamo a largo plazo también se obtuvieron resultados favorables, siendo de igual manera rentables para la empresa, aunque con un VAN menor. El desglose de los distintos flujos de caja y los resultados de estos, podrán ser visualizados en la sección de anexos 4: Análisis económico, tabla 45 a la 51.

CONCLUSIONES

Hoy en día, la necesidad de normalizar y darle importancia a las tareas de mantenimiento dentro de la organización es un hecho. Los beneficios de llevar a cabo una correcta planificación de las tareas a realizar se ejemplifican en una mayor disponibilidad operacional del equipo que como consecuencia se obtendrá un mejor rendimiento de este en la producción, una disminución monetaria en gastos de mantención y un aumento en los ingresos obtenidos por la empresa por el servicio de dragado de la bomba.

Mediante el estudio de las fallas funcionales y a las herramientas de análisis causa raíz y matrices de criticad, se pudo lograr cumplir con el objetivo específico de analizar la problemática y determinar cuáles son los puntos más importantes donde se debe poner hincapié en la planificación de las tareas a realizar en el equipo.

El objetivo específico con la finalidad de desarrollar una propuesta de un plan de mantenimiento se lleva a cabo mediante la realización de un plan de mantenimiento preventivo. La planificación fue segmentada en tareas ya sean anuales, semestrales, semanales y diarias con el fin de no sobre pasar la vida útil de los componentes mecánicos. Todo esto de la mano con información histórica de fallas y catálogos de los componentes. Para que poder controlar la realización de las tareas, se integra una herramienta de control, un check list para cada vez que el equipo deba ser intervenido en el taller de mantenimiento brindará la información necesaria a los altos mandos de cómo está siendo el resultado de las tareas y así poder determinar el grado de efectividad de ellas. Un desorden en la información y la poca existencia de esta, sin lugar a duda dificultará un correcto monitoreo del equipo para preservar su optimo desempeño, por eso se presentan documentos como orden de trabajo y bitácora de trabajo, con el propósito de obtener información valiosa sobre el estado del equipo en operación y cuales han sido los trabajos realizados en el equipo. Esto facilitará la realización de trabajos futuros de mantención para el mismo.

Finalmente, la evaluación económica del proyecto, a través de la herramienta de flujo de caja, tanto financiado como puro, es la prueba de la rentabilidad que existe al momento de invertir en un nuevo equipo, con los gastos propuestos en el nuevo plan de mantenimiento. De acuerdo con los resultados, la opción de mayor conveniencia para la empresa es la inversión pura, ya que

como se puede evidenciar en la Tabla 51, luego de invertir US1.000.000. En lapsus de 5 años, la empresa verá ganancias por un monto de **US\$9.640.614**.

BIBLIOGRAFÍA

Altmann, C. (2010). *mantenimientomundial*. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com>

Mendez, A. G. (11 de septiembre de 2011). *Itsteziutlan*. Obtenido de <http://www.itsteziutlan.edu.mx>

Olarte, W. (abril de 2011). *revistas.utp.edu*. Obtenido de <http://revistas.utp.edu.co>

PROGRESSA. (s.f.). *Progressalean*. Obtenido de <http://www.progressalean.com>

Suarez, R. (2009). *Mantenimiento Mundial*. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com>

ANEXOS

ANEXOS 3: PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Tabla de planificación para componentes varios del equipo:

Periodo	Diario	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
Otros componentes					
Verificar si hay evidencia de fugas de aceite hidráulico en el motor y las mangueras	X				
Inspeccionar el cable de alimentación y el cable de control		X			
Inspeccionar todos los pernos			X		
Revisar las juntas de la manguera de descarga para ver si hay fugas y reemplazar según sea necesario			X		
Inspeccionar el nivel de aceite del depósito hidráulico a través de la mirilla	X				
Verificar la temperatura del aceite hidráulico después de que la draga haya estado funcionando durante al menos 30 minutos.	X				
Revisar el área alrededor del eje del motor de la barrenadora con la draga apagada y limpiar según sea necesario	X				
Revisar si hay vibraciones que indiquen problemas con la bomba de lodo o el sistema hidráulico	X				
Engrasar rodamientos del cabrestante de izaje		X			
Verificar que el filtro hidráulico esté limpio y reemplazar según sea necesario		X			
Inspeccionar el rodamiento de la bomba de lodo para ver si hay desgaste		X			
Revisar los pernos del motor de la barrenadora para ver si están apretados		X			
Revisar las abrazaderas y conexiones de los cables		X			
Revisar nivel y condición del lubricante del cabrestante de izaje			X		
Cambiar aceite del reductor del cabrestante transversal (Capacidad máxima: 17 oz.)				X	
Cambiar el aceite del reductor del cabrestante de izaje				X	
Limpiar el sistema hidráulico y revisar el tapón del despiche				X	
Reemplazar el filtro hidraulico de la línea de retorno				X	
Revisar si hay desgaste o vibraciones en los motores electricos				X	
Inspeccionar los soportes para ver si hay pernos sueltos o faltantes, apretar o reemplazar según sea necesario					X
Limpiar y lavar la draga					X
Reaplicar pintura anti oxidante a las partes que lo requieran					X

Tabla 31 Planificación de tareas para componentes varios

Tabla de check list para tareas semanales:

CHECK LIST TAREAS SEMANALES			
Tarea programada	logrado	no logrado	Observaciones
Sistema de la barrenadora			
Inspeccionar los pernos de montaje del sinfín para ver si están apretados			
Inspeccionar los pernos de la cuchilla del cortador de la barrenadora para ver si están apretados			
Inspeccionar las mangueras y accesorios hidráulicos por fugas y desgaste			
Bomba de lodo			
Revisar el estado del cable de alimentación del motor			
Sistema de cabrestante transversal			
Inspeccionar el recorrido del cable en busca de desgaste y las abrazaderas del cable para ver si están apretadas			
Inspeccionar los pernos del soporte del cabrestante para ver si están bien apretados			
Sistema de elevación			
Revisar los pernos del cabrestante para ver si están apretados			
Otros componentes			
Inspeccionar el cable de alimentación y el cable de control			
Engrasar rodamientos del cabrestante de izaje			
Verificar que el filtro hidráulico esté limpio y reemplazar según sea necesario			
Inspeccionar el rodamiento de la bomba de lodo para ver si hay desgaste			
Revisar los pernos del motor de la barrenadora para ver si están apretados			
Revisar las abrazaderas y conexiones de los cables			
Sistema de carril (cuando se use)			
Engrasar roldanas del cable de tensión			
Engrasar roldanas del lazo cerrado			
Engrasar toda la corredera			
Inspeccionar el cable por daños o desgaste			
Inspeccionar y engrasar el circuito cerrado, tornos de tensión y tensiómetros cuando se usen			

Tabla 32 Check list tareas semanales

Tabla de check list para tareas mensuales:

CHECK LIST TAREAS MENSUALES			
Tarea programada	logrado	no logrado	Observaciones
Sistema de cabrestante transversal			
Revisar el nivel de aceite del reductor del cabrestante transversal			
Sistema de elevación			
Revisar el aceite de la caja de engranajes del cabrestante			
Otros componentes			
Inspeccionar todos los pernos			
Revisar las juntas de la manguera de descarga para ver si hay fugas y reemplazar según sea necesario			
Revisar nivel y condición del lubricante del cabrestante de izaje			
Sistema de carril (cuando se use)			
Revisar las abrazaderas de cable y del equipo para ver si están apretadas			

Tabla 33 Check list para tareas mensuales

Tabla de check list para tareas semestrales:

CHECK LIST TAREAS SEMESTRALES			
Tarea programada	logrado	no logrado	Observaciones
Bomba de lodo			
Revisar el desgaste general			
Revisar aislacion del estator del motor eléctrico			
Inspeccionar posibles fugas de aceite			
Cambio de conjunto de sello mecanico superior y conjunto de sello mecanico inferior			
Inspeccionar eje de la bomba			
Otros componentes			
Cambiar aceite del reductor del cabrestante transversal (Capacidad maxima: 17 oz.)			
Cambiar el aceite del reductor del cabrestante de izaje			
Limpiar el sistema hidráulico y revisar el tapón del despiche			
Reemplazar el filtro hidraulico de la línea de retorno			
Revisar si hay desgaste o vibraciones en los motores electricos			

Tabla 34 Check list para tareas semestrales

Tabla de check list para tareas anuales:

CHECK LIST TAREAS ANUALES			
Tarea programada	logrado	no logrado	Observaciones
Sistema de la barrenadora			
Reemplazar las cuchillas desgastadas			
Reemplazar el sello del motor hidráulico y el eje si está gastado o tiene fugas			
Bomba de lodo			
Cambio de impulsor			
Cambio de eje de la bomba en caso de ser requerido			
Cambio de rodamientos			
Sistema de cabrestante transversal			
Reemplazar el aceite del reductor del cabrestante			
Revisar la polea guía y las poleas tensoras para ver si están desgastadas y alineadas correctamente			
verificar si hay elementos del equipo sueltos			
Otros componentes			
Inspeccionar los soportes para ver si hay pernos sueltos o faltantes, apretar o reemplazar según sea necesario			
Limpiar y lavar la draga			
Reaplicar pintura anti oxidante a las partes que lo requieran			

Tabla 35 Check list para tareas anuales

ANEXOS 4: ANÁLISIS ECONÓMICO

Gastos en elementos de protección personal:

EPP				
Partida		Cantidad	US\$/Unidad	TOTALES
Cascos normales		20	3,13	US\$62,79
Pantalón, camisas, chaquetas mezclilla		15	39,24	US\$578,69
Zapatos Trabajador		27	34,53	US\$932,49
Lentes		20	5,65	US\$113,02
Orejas tipo Fono		20	6,27	US\$125,58
Guantes		100	2,66	US\$266,87
Arnés Con 2 cabos de vida		2	15,69	US\$31,39
Linterna de casco		10	5,49	US\$54,94
		TOTAL		US\$2.175,82

Tabla 36 Gastos EPP

Equipamiento para oficina en taller de mantención:

EQUIPAMIENTO OFICINA				
TALLER				
Partida		Cantidad	US\$/Unidad	TOTALES
Computadores		5	596,54	US\$2.982,73
Impresora laser		3	219,78	US\$659,34
Escritorios		5	32,96	US\$164,83
Sillas		10	12,55	US\$125,58
Máquina fotográfica		2	78,49	US\$156,98
		TOTAL		US\$4.089,48

Tabla 37 Gastos equipamiento oficina taller

Insumos para oficina en taller de mantenimiento (Alimentos):

Insumos oficina (alimentos)				
Partida	Mes	Cantidad	US\$/Unidad	TOTALES
Café	12	2	4,70	US\$113,02
Azúcar	12	2	1,56	US \$ 37,67
Te	12	2	3,13	US\$75,35
		TOTAL		US\$226,05

Tabla 38 Insumos oficina taller (alimentos)

Insumos para oficina en taller de mantenimiento:

Insumos oficina				
Partida		Cantidad	US\$/Unidad	TOTALES
Tóner impresora		7	62,79	US\$439,56
Papel carta		20	4,70	US\$94,19
Corchetera		2	2,35	US\$4,70
Perforadora		2	5,49	US\$10,98
Archivador		5	0,78	US\$3,92
Lápices		15	0,78	US\$11,77
Gomas		15	0,78	US\$11,77
Libro de asistencia		3	7,84	US\$23,54
Libro de obra		3	7,84	US\$23,54
			TOTAL	US\$624,01

Tabla 39 Insumos oficina de taller (artículos de librería)

Insumos taller de mantenimiento:

Insumos taller				
Partida		Cantidad	US\$/Unidad	TOTALES
Extintor		3	47,09	US\$141,28
Artículos de aseo		5	23,54	US\$117,73
Lubricante		5	32,96	US\$164,83
CAJAS DE HERRAMIENTAS		6	23,54	US\$1.412,87
Conjunto de soldar		2	156,98	US\$313,97
			TOTAL	US\$2,150,70

Tabla 40 Insumos taller de mantenimiento

Operaciones externas:

Operaciones externas				
Partida		Cantidad	US\$/Unidad	TOTALES
Movimientos de traslado grúa contratista en casa matriz		10	313,97	US\$3.139,71
Mantenciones externas		5	549,45	US\$2.747,25
			TOTAL	US\$5.886,97

Tabla 41 Operaciones externas

Traslado del equipo:

Traslado				
Partida	Unidad	Cantidad	US\$/Unidad	TOTALES
Petróleo ida (Litros)	5	570	0,75	US\$2.147,56
Petróleo vuelta (Litros)	5	570	0,75	US\$2.147,56
Peajes ida	5	7	12,24	US\$428,57
Peajes vuelta	5	7	12,24	US\$428,57
			TOTAL	US\$5.152,27

Tabla 42 Costos traslado del equipo

Recurso humano:

Recurso humano					
Designación	Cantidad	Unidad	Cantidad HH	P. Unitario	Total
Jefe área de mantención	1	HH	2.160	US\$14,91	US\$32.213,50
Coordinador área de mantención	1	HH	2.160	US\$10,67	US\$23.058,08
Prevencionista	1	HH	2.160	US\$10,20	US\$22.040,81
Gerente área de mantención	1	HH	2.160	US\$21,97	US\$47.472,52
Sub gerente área de mantención	1	HH	2.160	US\$10,98	US\$23.736,26
				TOTAL	US\$148.521,19

Tabla 43 Costos recurso humano

Comunicaciones:

Comunicaciones				
Partida	Unidad	Mes	US\$/Unidad	TOTALES
Internet	1	12	39,24	US\$470,95
Teléfono fijo	1	12	39,24	US\$470,95
Celular	6	12	47,09	US\$3.390,89
			TOTAL	US\$4332,81

Tabla 44 Costos en comunicaciones

Tabla de datos para la construcción de flujo de caja con préstamo del 50%:

Tasa	14%
Periodos	5
Inversión	US\$501.750
Inversión maquinaria	US\$1.000.000
Valor real	US\$200.000
Venta maquina	US\$300.000
Valor cuota	US\$ 146.152

Cuotas	Valor cuota	Interés cuota	Amortización	
				US\$501.750
AÑO 1	US\$ 146.152	US\$ 70.245	US\$75.907	US\$425.843
AÑO 2	US\$ 146.152	US\$ 59.618	US\$86.533	US\$339.310
AÑO 3	US\$ 146.152	US\$47.503	US\$98.648	US\$240.662
AÑO 4	US\$ 146.152	US\$33.693	US\$112.459	US\$128.203
AÑO 5	US\$ 146.152	US\$17.948	US\$128.203	

Tabla 45 Tabla de datos flujo de caja 75%

Flujo de caja con préstamo del 50%:

	AÑOS		1	2	3	4	5
+	Ingreso x ventas	\$ -	US\$ 2.260.597	US\$ 2.418.839	US\$ 2.588.158	US\$ 2.769.329	US\$ 2.963.182
-	Costos directos	\$ -	US\$ 41.931	US\$ 46.124	US\$ 50.737	US\$ 55.810	US\$ 61.391
=	UTILIDAD BRUTA	\$ -	US\$ 2.218.666	US\$ 2.372.715	US\$ 2.537.421	US\$ 2.713.518	US\$ 2.901.790
-	Costos de operación	\$ -	US\$ 173.159	US\$ 178.354	US\$ 183.704	US\$ 189.216	US\$ 194.892
=	UTILIDAD DE OPERACIÓN	\$ -	US\$ 2.045.507	US\$ 2.194.361	US\$ 2.353.717	US\$ 2.524.303	US\$ 2.706.898
-	Interés LP	\$ -	US\$ 70.245	US\$ 59.618	US\$ 47.503	US\$ 33.693	US\$ 17.948
-	Depreciaciones	\$ -	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000
	Diferencia por venta de activos a VL	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	US\$ 100.000
=	Utilidad antes del impuesto	\$ -	US\$ 1.015.262	US\$ 1.174.743	US\$ 1.346.213	US\$ 1.530.610	US\$ 1.828.950
-	Impuesto 25%	\$ -	US\$ 253.816	US\$ 293.686	US\$ 336.553	US\$ 382.653	US\$ 457.237
=	UTILIDAD DESP IMPTO	\$ -	US\$ 761.447	US\$ 881.057	US\$ 1.009.660	US\$ 1.147.958	US\$ 1.371.712
+	Depreciaciones	\$ -	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000
-	Amortización LP	\$ -	US\$ 75.907	US\$ 86.533	US\$ 98.648	US\$ 112.459	US\$ 128.203
-	Inversiones	US\$ 1.003.500	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
+	Venta de activos VL	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	US\$ 200.000
=	TOTAL ANUAL	\$ -	US\$ 1.645.540	US\$ 1.754.524	US\$ 1.871.012	US\$ 1.995.499	US\$ 2.403.509
=	FLUJO NETO DE CAJA	US\$ - 1.003.500	US\$ 1.645.540	US\$ 1.754.524	US\$ 1.871.012	US\$ 1.995.499	US\$ 2.403.509
	Flujo de caja corregido	US\$ - 1.003.500	US\$ 1.443.456	US\$ 1.350.049	US\$ 1.262.880	US\$ 1.181.495	US\$ 1.248.307
	Flujo de caja acumulado	US\$ - 1.003.500	US\$ 439.956	US\$ 1.790.005	US\$ 3.052.885	US\$ 4.234.380	US\$ 5.482.688

Tabla 46 Flujo de caja con 50%

Resultado de flujo de caja con préstamo del 50%:

Tasa de descuento	14%
TIR	169%
VAN	\$ 5.482.688

Tabla 47 Resultados flujo de caja 50%

Tabla de datos para la construcción de flujo de caja con préstamo del 75%:

Tasa	14%
Periodos	5
Inversión	US\$ 750.000
Inversión maquinaria	US\$ 1.000.000
Valor real	US\$ 200.000
Venta maquina	US\$ 300.000
Valor cuota	US\$ 218.463

Cuotas	Valor cuota	Interés cuota	Amortización	
				US\$ 750.000
AÑO 1	US\$ 218.463	US\$ 105.000	US\$ 113.463	US\$ 636.537
AÑO 2	US\$ 218.463	US\$ 89.115	US\$ 129.347	US\$ 507.190
AÑO 3	US\$ 218.463	US\$ 71.007	US\$ 147.456	US\$ 359.734
AÑO 4	US\$ 218.463	US\$ 50.363	US\$ 168.100	US\$ 191.634
AÑO 5	US\$ 218.463	US\$ 26.829	US\$ 191.634	

Tabla 48 Tabla de datos flujo de caja 75%

Flujo de caja con préstamo del 75%:

	AÑOS		1	2	3	4	5
+	Ingreso x ventas	\$ -	US\$ 2.260.597	US\$ 2.418.839	US\$ 2.588.158	US\$ 2.769.329	US\$ 2.963.182
-	Costos directos	\$ -	US\$ 41.931	US\$ 46.124	US\$ 50.737	US\$ 55.810	US\$ 61.391
=	UTILIDAD BRUTA	\$ -	US\$ 2.218.666	US\$ 2.372.715	US\$ 2.537.421	US\$ 2.713.518	US\$ 2.901.790
-	Costos de operación	\$ -	US\$ 173.159	US\$ 178.354	US\$ 183.704	US\$ 189.216	US\$ 194.892
=	UTILIDAD DE OPERACIÓN	\$ -	US\$ 2.045.507	US\$ 2.194.361	US\$ 2.353.717	US\$ 2.524.303	US\$ 2.706.898
-	Interés LP	\$ -	US\$ 105.000	US\$ 89.115	US\$ 71.007	US\$ 50.363	US\$ 26.829
-	Depreciaciones	\$ -	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000
	Diferencia por venta de activos a VL	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	US\$ 100.000
=	UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO	\$ -	US\$ 980.507	US\$ 1.145.246	US\$ 1.322.710	US\$ 1.513.940	US\$ 1.820.070
-	Impuesto 25%	\$ -	US\$ 245.127	US\$ 286.311	US\$ 330.678	US\$ 378.485	US\$ 455.017
=	UTILIDAD DESPUÉS DE IMPUESTO	\$ -	US\$ 735.380	US\$ 858.934	US\$ 992.033	US\$ 1.135.455	US\$ 1.365.052
+	Depreciaciones	\$ -	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000
-	Amortización LP	\$ -	US\$ 113.463	US\$ 129.347	US\$ 147.456	US\$ 168.100	US\$ 191.634
-	Inversiones	US\$ 1.003.500	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
+	Venta de activos VL	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	US\$ 200.000
=	TOTAL ANUAL	\$ -	US\$ 1.581.918	US\$ 1.689.587	US\$ 1.804.576	US\$ 1.927.355	US\$ 2.333.418
=	FLUJO NETO DE CAJA	US\$ 1.003.500	US\$ 1.581.918	US\$ 1.689.587	US\$ 1.804.576	US\$ 1.927.355	US\$ 2.333.418
	Flujo de caja corregido	US\$ 1.003.500	US\$ 1.387.647	US\$ 1.300.082	US\$ 1.218.038	US\$ 1.141.149	US\$ 1.211.904
	Flujo de caja acumulado	US\$ 1.003.500	US\$ 2.391.147	US\$ 3.691.229	US\$ 4.909.267	US\$ 6.050.416	US\$ 7.262.320

Tabla 49 Flujo de caja con 75%

Resultado flujo de caja con préstamo del 75%:

Tasa de descuento	14%
TIR	163%
VAN	US\$ 5.255.320

Tabla 50 Resultados flujo de caja 75%

Flujo de caja puro:

		0	1	2	3	4	5
+	Ingreso x ventas		US\$ 2.260.597	US\$ 2.418.839	US\$ 2.588.158	US\$ 2.769.329	US\$ 2.963.182
-	Costos directos		US\$ 41.931	US\$ 46.124	US\$ 50.737	US\$ 55.810	US\$ 61.391
=	UTILIDAD BRUTA		US\$ 2.218.666	US\$ 2.372.715	US\$ 2.537.421	US\$ 2.713.518	US\$ 2.901.790
-	Costos de operación		US\$ 173.159	US\$ 178.354	US\$ 183.704	US\$ 189.216	US\$ 194.892
=	UTILIDAD DE OPERACIÓN		US\$ 2.045.507	US\$ 2.194.361	US\$ 2.353.717	US\$ 2.524.303	US\$ 2.706.898
-	Interés LP		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
-	Interés CP		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
-	Depreciaciones		US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000
	Diferencia por venta de activos a VL		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	US\$ 500.700
-	Perdidas ejercicio anterior		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
=	UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO		US\$ 1.085.507	US\$ 1.234.361	US\$ 1.393.717	US\$ 1.564.303	US\$ 2.247.598
-	Impuesto 25%		US\$ 271.377	US\$ 308.590	US\$ 348.429	US\$ 391.076	US\$ 561.900
=	UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTO		US\$ 814.130	US\$ 925.771	US\$ 1.045.287	US\$ 1.173.227	US\$ 1.685.699
+	Perdidas ejercicio anterior		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
+	Depreciaciones		US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000	US\$ 960.000
-	Amortización LP		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
-	Amortización CP		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
-	Inversiones	-US\$ 1.003.500	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
+	Venta de activos VL		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	US\$ 200.000
=	TOTAL ANUAL		US\$ 1.774.130	US\$ 1.885.771	US\$ 2.005.287	US\$ 2.133.227	US\$ 2.845.699
+	Préstamo LP		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
+	Préstamo CP		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
=	FLUJO NETO DE CAJA	-US\$ 1.003.500	US\$ 1.774.130	US\$ 1.885.771	US\$ 2.005.287	US\$ 2.133.227	US\$ 2.845.699
	Flujo de caja corregido	-US\$ 1.003.500	US\$ 1.774.130	US\$ 1.885.771	US\$ 2.005.287	US\$ 2.133.227	US\$ 2.845.699
	Flujo de caja acumulado	-US\$ 1.003.500	US\$ 770.630	US\$ 2.656.401	US\$ 4.661.688	US\$ 6.794.916	US\$ 9.640.614

Tabla 51 Flujo de caja puro

